

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em

Engenharia de Produção

Alternativas para o projeto ecológico de produtos

Jaime Ramos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção

Florianópolis, 2001

Jaime Ramos

Alternativas para o projeto ecológico de produtos

Essa tese foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 28 de junho de 2001

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph. D.

Coordenador do curso

Banca examinadora

Prof^a. Ingeborg Sell Dr. rer. nat

Orientador

Prof. Alfredo Iarozinski Neto Dr

Prof. Jairo José Drummond Câmara Dr.

Prof. Eugênio Merino Dr.

Prof^a. Leila Amaral Gontijo Dr. Erg.

A minha esposa Simone e
aos meus familiares pelo
apoio e compreensão

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. À Pontifícia Universidade Católica do Paraná e aos colegas do curso de Desenho Industrial pelo apoio e incentivo. À orientadora, a Prof^a Ingeborg Sell pela colaboração, incentivo e acompanhamento competente.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	viii
Lista de Quadros.....	ix
Lista de Tabelas.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
1 <u>INTRODUÇÃO</u>	1
<u>1.1</u> <u>Principais problemas ambientais</u>	2
<u>1.1.1</u> <u>Deterioração dos recursos hídricos</u>	2
<u>1.1.2</u> <u>Destruição da floresta e perda da biodiversidade</u>	3
<u>1.1.3</u> <u>A redução na camada de ozônio</u>	4
<u>1.1.4</u> <u>Ozônio na Troposfera</u>	5
<u>1.1.5</u> <u>Efeito estufa</u>	5
<u>1.1.6</u> <u>Chuva ácida</u>	7
<u>1.1.7</u> <u>Resíduos sólidos</u>	7
<u>1.2</u> <u>A consideração de aspectos ambientais do produto no projeto</u>	9
<u>1.3</u> <u>Objetivos</u>	12
<u>1.4</u> <u>Justificativa</u>	13
<u>1.5</u> <u>Limites deste trabalho</u>	14
<u>1.6</u> <u>Metodologia</u>	15
<u>1.7</u> <u>Organização do trabalho</u>	16
2 <u>REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: MOTIVAÇÕES</u>	17
<u>2.1</u> <u>O aumento das pressões por parte da população</u>	21
<u>2.2</u> <u>Pressões de governos</u>	23
<u>2.3</u> <u>A própria empresa</u>	24
<u>2.4</u> <u>Pressões de Organizações não governamentais</u>	27
<u>2.5</u> <u>Normas internacionais</u>	28
<u>2.6</u> <u>Rotulagem ecológica</u>	32
3 <u>PROBLEMAS AMBIENTAIS: CAUSAS, ABORDAGENS E ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO</u>	35
<u>3.1</u> <u>Causas do aumento dos impactos ambientais</u>	38
<u>3.1.1</u> <u>O crescimento populacional</u>	39

3.1.2	<u>Crescimento da renda “per capita”</u>	41
3.1.3	<u>O impacto ambiental por unidade produzida</u>	43
3.2	<u>Abordagens para a solução dos problemas ambientais</u>	44
3.2.1	<u>Ecologia Radical</u>	44
3.2.2	<u>A anti-ecologia</u>	45
3.2.3	<u>Desenvolvimento sustentável</u>	46
3.2.4	<u>A abordagem da produção limpa</u>	47
3.2.5	<u>Ecodesign</u>	47
3.2.6	<u>Ecologia Industrial</u>	48
3.3	<u>Alternativas para a redução dos impactos dos produtos</u>	49
3.3.1	<u>Redesign de Produtos</u>	49
3.3.2	<u>Criação de novos produtos</u>	50
3.3.3	<u>Novos estilos de vida</u>	51
3.4	<u>Busca da eco-eficiência</u>	52
3.5	<u>Conclusão</u>	55
4	<u>CONTRIBUIÇÃO DO DESIGN PARA A REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE PRODUTOS</u>	57
4.1	<u>Estratégias para o melhorar a performance ambiental</u>	59
4.1.1	<u>Redução do uso de recursos naturais</u>	61
4.1.2	<u>Estratégias para a extensão da vida útil do produto</u>	67
4.1.3	<u>Outras estratégias</u>	80
4.2	<u>Conclusão</u>	81
5	<u>PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DOS PRODUTOS</u>	83
5.1	<u>Avaliação do ciclo de vida do produto</u>	84
5.1.1	<u>Análise quantitativa</u>	90
5.1.2	<u>Análise qualitativa</u>	93
5.1.3	<u>Outras maneiras - identificação da fase de maior impacto</u>	96
5.2	<u>Redução de impactos ambientais durante o uso do produto</u>	97
5.2.1	<u>Razões para se preocupar com a performance - uso</u>	100
5.3	<u>Redução de impactos ambientais na extração de materiais</u>	100
5.3.1	<u>Recomendações - impactos ambientais - extração</u>	101

5.4	<u>A redução de impactos ambientais na fase de produção</u>	102
5.4.1	<u>Recomendações - redução de impactos - produção</u>	103
5.4.2	<u>Controle do Processo:</u>	107
5.4.3	<u>Outras recomendações</u>	107
5.5	<u>O descarte dos produtos</u>	108
5.5.1	<u>O plástico</u>	111
5.5.2	<u>O papel</u>	115
5.5.3	<u>Ferro e vidro</u>	118
5.5.4	<u>Recomendações - redução de impactos - descarte</u>	118
5.6	<u>Transporte</u>	120
5.7	<u>Conclusão</u>	122
6	<u>PROJETO: CARTEIRAS ESCOLARES PARA O PARANÁ</u>	125
6.1	<u>A carteira e seus impactos ambientais</u>	126
6.2	<u>Estratégias para a redução de impactos ambientais</u>	129
6.2.1	<u>Aumentar a durabilidade do conjunto</u>	129
6.2.2	<u>Reduzir volume para o transporte</u>	131
6.2.3	<u>Selecionar materiais de menor impacto ambiental</u>	132
6.2.4	<u>Minimizar emissões na fase de fabricação</u>	133
6.2.5	<u>Incentivar a conservação da carteira</u>	133
6.3	<u>Conclusão</u>	134
7	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	136
8	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</u>	142
9	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	150

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura 1: Como se desenvolvem os custos ambientais para empresas</u>	26
<u>Figura 2: Exemplos de selos ecológicos</u>	32
<u>Figura 3: rótulo que indica performance no uso da energia - PROCEL</u>	34
<u>Figura 4: A curva do crescimento populacional</u>	40
<u>Figura 5: Os dois eixos da sustentabilidade</u>	52
<u>Figura 6: Rádios sem pilhas que usam o Bayliss</u>	66
<u>Figura 7: <i>Chaise long</i> projetada em 1928 - exemplo de design durável</u>	69
<u>Figura 8: Custo para a desmontagem e custo de aterro do produto</u>	74
<u>Figura 9: Percentual de impacto ambiental da produção de materiais</u>	76
<u>Figura 10: Embalagens fáceis de compactar reduzem os custos de coleta</u>	78
<u>Figura 11: Cabides feitos de materiais reciclados</u>	80
<u>Figura 12: Os elementos do ciclo de vida do produto</u>	85
<u>Figura 13: Entradas e Saídas do ciclo de vida do produto</u>	86
<u>Figura 14: Gráfico com percentual de impactos ambientais de cada fase</u>	98
<u>Figura 15: Cabide para bananas</u>	110
<u>Figura 16: Composição do lixo paulista</u>	110
<u>Figura 17: Biopac</u>	115
<u>Figura 18: Lixeira para separação dos diferentes materiais</u>	117
<u>Figura 19 e 20: Problemas de adequação ergonômica das carteiras atuais</u> ..	126
<u>Figura 21: Carteira utilizada nas escolas do Estado do Paraná em 1998</u>	127
<u>Figura 22: Matriz aplicada aos aspectos ambientais da Carteira Escolar</u>	128
<u>Figura 23: Compensado não resiste às agressões</u>	130
<u>Figura 24: Tampo em laminado plástico com 20 anos de uso</u>	130
<u>Figura 25: Projeto da nova carteira escolar</u>	131
<u>Figura 26: Protótipo da carteira proposta</u>	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 : Etapas do processo de projeto de um produto	58
<u>Quadro 2 : Estratégias de redução de impactos ambientais e de extensão da vida útil dos produtos</u>	60

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1: Uso de materiais selecionados na economia Global</u>	41
<u>Tabela 2: Crescimento real do rendimento <i>per capita</i> nos grupos de países 1960-2000</u>	42
<u>Tabela 3: Análise do ciclo de vida de uma cafeteira elétrica, baseada no <i>eco-indicator</i></u>	91
<u>Tabela 4: Matriz para ACV simplificada (Os números designam os elementos da matriz).</u>	933
<u>Tabela 5: Matriz MET aplicada à uma máquina (profissional) de fazer café ..</u>	955

RESUMO

RAMOS, Jaime. **Alternativas para o projeto ecológico de produtos**. Florianópolis, 2001. 163p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

Pesquisa que aborda as possibilidades e limitações da atividade de projeto na busca de alternativas para a criação e desenvolvimento de produtos menos danosos para o meio ambiente. O trabalho parte do pressuposto de que com a utilização de estratégias e procedimentos adequados é possível aumentar as chances de sucesso da equipe de projetos na busca de soluções para a redução de impactos ambientais dos produtos. Na pesquisa são apresentadas as relações dos produtos e processos produtivos com os principais problemas ambientais atuais. Foram analisadas as principais estratégias de redução de impactos ambientais que podem ser adotadas durante o projeto. A utilização de avaliações simplificadas do ciclo de vida do produto, para identificar as fases do ciclo de vida nas quais o produto apresenta o maior impacto ambiental, foi proposta como procedimento básico para permitir a escolha de estratégias com maiores possibilidades de sucesso. Os casos apresentados demonstram a importância de se considerar, no processo de projeto, os impactos ambientais da fase de utilização do produto. O trabalho pretende auxiliar profissionais, professores e estudantes, da área do design ou projeto de produtos, na busca de alternativas para a redução de impactos ambientais dos produtos que criam ou desenvolvem.

Palavras-chave: Ecodesign, Design para o meio ambiente, Ecologia Industrial

ABSTRACT

RAMOS, Jaime. **Alternativas para o projeto ecológico de produtos**. Florianópolis, 2001. 163p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

This research looks at the possibilities and limitations of the design activities in the search for alternatives for the creation and development of products less harmful for the environment. This work makes the assumption that with the use of adequate strategies and procedures it is possible to increase the chances of success of the project team in the search for solutions to reduce the environmental impact of products. This research presents the relationship between products/production processes and the main current environmental problems. This project also analyzed main strategies for the reduction of environmental impact, which could be adopted during the project. The use of simplified evaluations of the product life cycle analysis was proposed as a procedure to identify the phases of the life cycle in which the product presents the highest environmental impact. This is a basic procedure to allow the choice of strategies with higher possibility of success. The case studies presented demonstrate the importance to consider in the design process, the environmental impacts during the use of the product. This work aims to assist professionals, teachers and students in the field of product design, in the search for alternatives to reduce environmental impacts on products.

Key-words: Ecodesign, Design for Environment, Industrial Ecology

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico o homem conquistou, nos últimos séculos, um aumento significativo no seu poder de interferência sobre o meio ambiente. A rápida expansão da industrialização possibilitou, por um lado, a criação e a popularização dos produtos e serviços que garantem o conforto e o bem estar do mundo "civilizado". Por outro lado, esse sistema de produção e consumo tem causado impactos sobre o meio ambiente que constituem hoje, graves ameaças à vida no planeta. A extinção de recursos naturais e o aumento na geração de resíduos que contribuem para a degradação do ar, do solo e da água são algumas dessas ameaças.

O esgotamento de alguns recursos naturais não renováveis pode trazer conseqüências negativas para as atuais e futuras gerações. Os resíduos da produção, uso e descarte da parafernália de objetos que são necessários para a manutenção dos estilos de vida atuais, criam problemas que ficam a cada dia mais visíveis.

O consumismo tem sido uma característica da sociedade atual. Ele incentiva a aquisição de objetos para atender necessidades que, muitas vezes, são imaginárias ou criadas pelos meios de comunicação. De um lado, isso contribui para aumentar a produção e gerar empregos e bons resultados no campo econômico. De outro lado, isso intensifica a pressão sobre os recursos naturais e aumenta o número de objetos desnecessários que, conseqüentemente aumentam o volume de lixo e os problemas dele decorrentes. A expansão da sociedade de consumo contou com o auxílio do design, que desenvolveu produtos baseados no conceito use e jogue fora para estimular o consumo.

1.1 Principais problemas ambientais

1.1.1 Deterioração dos recursos hídricos

Menos de 1% da superfície da terra é coberta por água doce. Esse recurso natural não irá desaparecer, mas a cada dia que passa, fica mais difícil encontrar água potável em quantidade suficiente e em local próximo dos centros urbanos.

Os processos industriais são grandes consumidores de água e de outros recursos naturais. Embora a água utilizada nos processos industriais seja devolvida ao meio, ela se torna, em muitos casos, imprópria para outros usos devido à contaminação por substâncias tóxicas ou por outros materiais.

Produtos utilizados no âmbito doméstico também contribuem para aumentar o consumo de água. É o caso das máquinas de lavar roupa, chuveiros e vasos sanitários. Em algumas empresas o consumo de água no vaso sanitário chega

a representar 70% de toda água utilizada (The Earth, 1991). Nos vasos projetados com a preocupação de reduzir o consumo de água a economia pode ultrapassar os 50%.

1.1.2 Destruição da floresta e perda da biodiversidade

A floresta tropical protege mamíferos, répteis, pássaros e anfíbios. Ela protege também o solo e regula o fluxo das águas. Sem ela, a erosão do solo e as inundações aumentariam, a terra perderia seus nutrientes e tenderia a se transformar em deserto. "Florestas destruídas alteram os ciclos das chuvas e devido ao aumento de dióxido de carbono, também contribuem para o efeito estufa" (Whiteley, 1993 p. 69).

A expansão da fronteira agrícola e a extração de recursos naturais são algumas das principais causas da destruição de florestas. As consequências dessa destruição podem afetar todo o planeta.

A vida no planeta depende do funcionamento de uma complexa teia alimentar. Quando uma forma de vida desaparece, ela provoca uma reação em cadeia com consequências ao longo da teia. O material genético da espécie que desaparece é perdido. A diversidade das espécies fornece também material para o desenvolvimento de novos medicamentos.

Estima-se que as florestas tropicais contêm a maior parte da riqueza em biodiversidade no planeta. O desaparecimento e a extinção de algumas formas de vida faz parte dos processos naturais do planeta, mas a ação do homem acelera esses processos (Graedel e Allenby, 1995). Calcula-se que o desmatamento seja responsável pela extinção de 4000 a 6000 espécies por

ano, o que representa aproximadamente 10.000 vezes a taxa natural de extinção (*Ibid.*).

O corte de algumas espécies de madeira para atender a grande demanda da indústria de móveis, freqüentemente determinada pela moda, tem quase extinguido algumas espécies. O jacarandá da Bahia já foi a madeira da moda nos anos setenta e está quase extinta hoje. "Eleitas como boas para móveis em determinados períodos, essas madeiras foram exploradas exaustivamente até o fim das suas reservas, sendo então substituídas por outras, também exploradas até a exaustão, e assim sucessivamente", IBAMA, (1999, p.26). Pau-Brasil, uma madeira abundante na época da descoberta do Brasil e que deu origem ao seu nome, é hoje em dia uma espécie rara.

1.1.3 A redução na camada de ozônio

A redução da espessura da camada de ozônio, que tem sido observada próximo ao pólo sul, aumenta a possibilidade da ocorrência de câncer de pele e catarata. A exposição em maior escala aos raios ultravioleta pode afetar as defesas imunológicas do homem e dos animais, abrindo o caminho para doenças infecciosas.

Segundo Kinlaw (1997 p.121) os clorofluorcarbonos (CFCs) são os principais causadores da redução do ozônio na estratosfera. A produção e uso dos CFCs têm sido reduzidos gradativamente a partir do Protocolo de Montreal (veja capítulo 2, p.37), mas a deterioração da camada de ozônio irá continuar por muitos anos, uma vez que as substâncias que atacam essa camada

continuam presentes na atmosfera. Esse é um problema global, pois não depende de onde a emissão ocorre (UNEP, 1997).

Os CFCs são usados principalmente nos sistemas de refrigeração e na limpeza de peças metálicas, mas têm sido utilizados também como propelentes em aerossóis e na expansão de alguns tipos de plásticos muito usados nas embalagens. A especificação de materiais livres de CFC em produtos e processos pode contribuir para diminuir esse problema ambiental.

1.1.4 Ozônio na Troposfera

O ozônio na estratosfera tem um papel importante na manutenção da vida na terra. Entretanto, a acumulação deste gás na troposfera, ou próximo da superfície da terra, causa problemas ambientais sérios. Nesse nível, o ozônio é uma substância bastante corrosiva. Esse poder de corrosão afeta humanos e animais causando um agravamento de problemas respiratórios. O ozônio pode danificar as plantas também (UNEP, 1997).

O ozônio na troposfera é formado a partir dos hidrocarbonetos emitidos pelos motores dos veículos, da evaporação de solventes e de alguns processos industriais (*Ibid.*).

1.1.5 Efeito estufa

O efeito estufa também é importante para a vida na terra, pois impede o escape, à noite, do calor absorvido pela terra durante o dia. A radiação infravermelha do sol, que atravessa a atmosfera é refletida pelo planeta e é absorvida por intermédio do vapor de água, do dióxido de carbono e de partículas sólidas e líquidas. A atmosfera age tal como o vidro de uma estufa,

que sendo pouco permeável a estas radiações, constitui uma espécie de barreira que dificulta a sua propagação para grandes altitudes. Uma parte é por ela absorvida e outra é reenviada, por reflexão, para as camadas mais baixas, onde se acumula e ajuda a manter a temperatura, principalmente à noite.

O efeito estufa, é intensificado pela liberação de gases, como o dióxido de carbono, que é produzido com a queima de combustíveis fósseis, sobretudo petróleo e carvão. Mesmo que ocorra uma transição sem sobressaltos para uma matriz energética baseada no gás natural, em 50 anos, ou para o trinômio sol/ventos/hidrogênio, em 100 anos, o CO₂ (dióxido de carbono) já emitido vai continuar afetando o clima por muitas décadas (Leite, 1999).

Para Graedel e Allenby (1995) o efeito estufa pode provocar um aumento de temperatura de dois a cinco graus na temperatura média do planeta até o ano de 2050. Isso poderá causar uma elevação de até 45 cm na altura dos oceanos até 2070, devido à expansão térmica dos oceanos e ao derretimento de geleiras.

O aquecimento do planeta pode significar o desaparecimento de alguns países insulares e de cidades litorâneas. As regiões hoje cobertas por florestas ficarão mais sujeitas a incêndios de grandes proporções e poderão virar desertos, o que terá consequências dramáticas, principalmente para países menos desenvolvidos. Embora esses países não estejam entre os grandes responsáveis pelo efeito estufa, eles serão os mais prejudicados, pois os países desenvolvidos têm recursos e tecnologia para enfrentar as adversidades geradas pelas mudanças climáticas.

1.1.6 Chuva ácida

Muitas atividades humanas emitem substâncias ácidas para a atmosfera, e que aumentam a sua acidez. A chuva, contendo esses ácidos, polui o solo e os cursos d'água. As principais emissões ácidas para a atmosfera são causadas pela queima de combustíveis fósseis em sistemas de geração de energia, tais como termoeletricas e o funcionamento dos motores em veículos a combustão, que emitem óxidos de enxofre e nitrogênio (Hespanhol, 1992).

A chuva ácida causa sérios danos nas florestas e à vida nos rios e lagos. Ela dissolve substâncias tóxicas existentes no solo, provocando a morte das plantas (UNEP, 1997).

1.1.7 Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos são outra ameaça grave ao meio ambiente. Enquanto os antigos deixaram grandes monumentos, a sociedade atual deixa grandes montanhas de lixo de difícil degradação. O aterro sanitário de Nova Iorque armazena 25 vezes o volume da grande pirâmide do complexo de Gizé, no Egito. (Rathje, 1991).

Calcula-se que cada brasileiro produza 1 kg de lixo por dia. Assim, uma pessoa que venha a viver 70 anos, irá produzir em torno de 25 toneladas de lixo durante a sua vida. A quantidade de lixo *per capita* no Brasil ainda é pequena se comparada com a quantidade gerada nos Estados Unidos. Lá, cada cidadão gera, em média, 3 kg de lixo por dia (Lima, 1999).

O lixo é um indicador curioso de desenvolvimento de uma nação. Quanto melhor for a economia, mais sujeira o país vai produzir. É sinal de que o país

está crescendo, de que as pessoas estão consumindo mais. O volume de lixo doméstico no Brasil duplicou nos últimos quinze anos em virtude do aumento do poder aquisitivo e do perfil de consumo dos brasileiros. Hoje, compram-se muito mais produtos industrializados que na década passada (*ibid.*).

Uma das conseqüências do aumento na geração de lixo é a contaminação das águas subterrâneas, com efeitos negativos sobre a disponibilidade de água potável. O lançamento do lixo em locais inadequados leva também a um aumento nas enchentes devido ao entupimento dos sistemas de drenagem e cursos d'água.

Outro problema grave é causado pelo lixo tecnológico, cujo descarte só tem aumentado nos últimos anos. Computadores, televisores, baterias de celulares, lâmpadas fluorescentes e pilhas têm na sua composição componentes tóxicos que, se descartados em locais inadequados, contaminam o solo, o que pode contaminar a cadeia alimentar.

Segundo a ABRELPE (2000) – Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – no Brasil, 76% das cidades não têm áreas adequadas para o descarte de produtos tóxicos. Considerando a produção anual média de 900 milhões de pilhas é possível imaginar o tamanho do impacto ambiental desse tipo de resíduo.

Muitas são as possibilidades de atuação do designer para buscar a redução dos resíduos sólidos ainda durante o projeto. Buscar opções para evitar a obsolescência planejada, incrementar a vida útil dos produtos e desenvolver soluções para facilitar o reaproveitamento do produto ou dos materiais nele incorporados, são algumas dessas possibilidades.

1.2 A consideração de aspectos ambientais do produto no processo de projeto

A gravidade dos problemas ambientais citados anteriormente tem sido reconhecida pela comunidade científica e tem preocupado governos e a população, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento.

A emergência dos problemas ambientais atuais tem criado um cenário favorável para mudanças nos paradigmas atuais de produção e consumo e no relacionamento do homem com o meio ambiente. Essas mudanças implicam na consideração dos aspectos ambientais, bem como, dos aspectos éticos, sociais e morais nas atividades das organizações, como obrigação de governantes, empresas e indivíduos.

Segundo a ISO 14001 aspecto ambiental é um “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, (ABNT, 1996, p.4). Os materiais, o consumo de energia, o processo de fabricação, o sistema de distribuição, a utilização e o descarte são aspectos ambientais do ciclo de vida de um produto, que podem ser planejados durante o projeto.

Os aspectos ambientais do ciclo de vida do produto podem resultar em impactos sobre o meio ambiente. “Impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades produtos ou serviços de uma organização”, (*ibid.* p.4).

Grande parte dos problemas ambientais atuais é resultado de impactos ambientais da produção, utilização e descarte de produtos. Esses impactos

podem ser devidos ao uso de recursos naturais que não são renováveis, ao método de extração dos materiais que compõem o produto, ao consumo de energia e a geração de emissões e resíduos perigosos durante o processo de fabricação, as emissões para o meio ambiente, decorrentes do transporte e da distribuição do produto, as emissões e a geração de resíduos durante a fase de utilização (como é o caso dos automóveis) e finalmente, ao seu descarte após o uso que pode contaminar o solo gerando outros impactos ambientais.

Novos métodos estão surgindo para calcular o verdadeiro custo do ciclo de vida de um produto incorporando os custos ambientais desse ciclo de vida. Novas normas e leis estão sendo elaboradas para diminuir o impacto ambiental das atividades humanas e redirecionar o progresso tecnológico passando do desenvolvimento descontrolado para o desenvolvimento sustentável.

As mudanças citadas anteriormente geram novos desafios para profissionais da área do Design Industrial, pois exigem uma reflexão sobre os relacionamentos do produto com o meio ambiente ao longo do seu ciclo de vida e das estratégias para a redução dos seus impactos ambientais.

O design de produtos é uma atividade de planejamento que envolve considerações sobre como melhorar as interações do produto com a produção, com o usuário, com a segurança, com a ergonomia, com a viabilidade comercial e com a competitividade no mercado. A consideração dos impactos do produto sobre a saúde do meio ambiente é uma decorrência das interações citadas anteriormente, entretanto, nem sempre recebeu o merecido destaque devido à preocupação em atender outras exigências, ou até mesmo, devido a

falta de informações sobre como proceder para reduzir impactos ambientais desde o projeto.

Os problemas ambientais causados pelos produtos e as exigências cada vez maiores quanto à qualidade ambiental dos produtos por parte da sociedade, da legislação e das normas, obrigam empresas e designers a darem mais atenção aos impactos ambientais dos produtos ao longo do seu ciclo de vida. Isso implicou no surgimento de uma ênfase na atividade de projeto, voltada para a melhoria da qualidade ambiental dos produtos, que tem sido chamada de Design para o Meio Ambiente ou de Ecodesign.

Algumas das iniciativas na área do Design para o meio ambiente ou Ecodesign vem sendo incentivadas por instituições tais como a EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana) e UNEP (Programa Ambiental das Nações Unidas). No Brasil podem ser citadas as iniciativas do IBAMA e da FIESP em parceria com escolas e outras instituições ligadas ao Design.

Apesar de iniciativas como as citadas anteriormente, a questão que surge é a seguinte: “Estão os designers preparados para melhorar a performance ambiental dos produtos que desenvolvem?” A resposta deve ser não devido aos seguintes problemas:

- A grande maioria dos profissionais atuantes no Brasil formou-se em cursos de Desenho Industrial com pouca ou nenhuma referência, na sua estrutura curricular, aos impactos ambientais da atividade.
- No Brasil ainda existe carência de informações, em língua portuguesa, sobre o Design para o meio ambiente ou sobre as ações que podem ser aplicadas dentro da atividade de criação e

desenvolvimento de produtos para prevenir e evitar possíveis impactos ambientais indesejáveis desses produtos.

- As tentativas de praticar um design mais ecológico são, muitas vezes, focadas em um único aspecto ambiental, o que nem sempre leva a uma melhor performance na relação do produto com o meio ambiente. Por exemplo: A reciclagem diminui o problema do lixo sólido, mas, se na limpeza que precede a reciclagem forem utilizadas substâncias tóxicas, o ganho ambiental da reciclagem pode ser nulo ou até mesmo negativo.

Assim, neste trabalho, parte-se da hipótese de que a definição clara das estratégias e procedimentos de projeto, que consideram explicitamente aspectos e impactos ambientais, pode contribuir no processo de criação e desenvolvimento de produtos mais corretos do ponto de vista ambiental.

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é o de fornecer informações práticas sobre como identificar as fases do ciclo de vida, nas quais o produto apresenta os maiores impactos ambientais, bem como, as estratégias que podem ser utilizadas para melhoria da performance ambiental dos produtos em cada uma dessas fases.

Objetivos específicos

- Destacar o papel dos produtos e objetos – que fazem parte do cotidiano atual – como protagonistas dos problemas ambientais enfrentados pela sociedade;

- Esclarecer as responsabilidades e as possibilidades de atuação dos designers – com relação à redução de impactos ambientais dos produtos – para profissionais e estudantes da área;
- Apresentar estratégias que facilitem a utilização e aplicação de requisitos ambientais no design de produtos;
- Desenvolver procedimentos para aplicação de estratégias de redução de impactos ambientais de produtos no processo de projeto;
- Aplicar a proposta no projeto de um produto.

1.4 Justificativa

Baseando-se em informações da AEnD-BR (Associação de Ensino/Pesquisa de Nível Superior em Design do Brasil) (2001) pode-se afirmar que existem hoje mais de 37 escolas de Desenho Industrial no Brasil. Para Fontoura (2001) essas escolas já formaram aproximadamente 35.000 profissionais. Mesmo que apenas uma parte deles esteja atuando em atividades relacionadas ao projeto, isso representará um número significativo de profissionais com potencial para influir sobre impactos ambientais dos produtos.

Analisando a grade curricular aplicada por algumas das principais escolas de Desenho Industrial brasileiras (p.ex.: ESDI, FAAP, UNESP-Bauru, UFPR e PUC-PR), até o ano de 2000, verifica-se a inexistência de matérias que tratem especificamente dos impactos ambientais dos produtos e de suas implicações na atividade de projeto.

Embora muitas escolas estejam incluindo o tema na grade curricular, existe ainda um grande número de profissionais que necessitam de informações sobre como reduzir impactos ambientais de produtos para fazer frente às novas demandas.

Quase todos os livros disponíveis sobre o assunto foram escritos em idiomas estrangeiros e apresentam casos que, muitas vezes estão distantes da realidade nacional.

Muitas das propostas para reduzir impactos ambientais de produtos não levam em conta o seu ciclo de vida e apenas transferem impactos ambientais de uma fase deste ciclo para outra. Escolher as opções de projeto mais viáveis do ponto de vista ambiental exige o conhecimento de todas as fases da vida do produto e das estratégias que podem contribuir para melhorar a performance ambiental. Sem esse conhecimento é possível resolver apenas problemas parciais, com resultados nem sempre satisfatórios do ponto de vista global.

Assim, parece justificada a idéia de pesquisar e selecionar as informações mais relevantes e que possam contribuir para auxiliar na criação e no desenvolvimento de produtos de menor impacto ambiental.

1.5 Limites deste trabalho

A redução do impacto ambiental das atividades humanas depende de mudanças de atitude por parte de toda a sociedade. Para que essas mudanças tragam resultados positivos é necessária a participação de produtores, planejadores, políticos e legisladores. São também necessárias mudanças no modo, através do qual, a sociedade se relaciona com os objetos e com o meio ambiente.

Este trabalho está centrado nas possibilidades e limitações dos profissionais responsáveis pela criação e desenvolvimento produtos no sentido de contribuir e influenciar as mudanças necessárias para melhorar a relação entre o homem, os produtos e o meio ambiente.

As áreas das Engenharias Civil, Química, Elétrica e a Arquitetura, e outras áreas similares não constituem o foco deste trabalho, embora elas também atuem no projeto e no planejamento do meio ambiente artificial e tenham um forte potencial para influenciar o meio ambiente.

Não existem métodos simples de design que se apliquem a todas as espécies de produtos (EPA, 1994b). Por essa razão, neste trabalho não se tem a pretensão de criar uma nova metodologia de projeto e sim de apresentar as alternativas, estratégias e procedimentos que podem ser aplicados no processo de projeto visando a melhoria do desempenho ambiental dos produtos.

Embora já exista um número considerável de trabalhos sobre análise do ciclo de vida de produtos e de impactos ambientais dos materiais, são poucas as referências de utilização dessas ferramentas no processo de projeto, principalmente na criação de produtos. Neste sentido, este trabalho apresenta contribuições na seleção de ferramentas, estratégias e procedimentos que sejam aplicáveis por profissionais de projeto na criação e desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental.

1.6 Metodologia

Pesquisa exploratória através de levantamento de informações bibliográficas e entrevistas não estruturadas com profissionais da área de

projetos. Estudo de caso que apresenta a inclusão de aspectos ambientais no desenvolvimento do projeto de um produto.

1.7 Organização do trabalho

O trabalho está organizado da seguinte forma:

Este capítulo apresenta os principais problemas ambientais atuais, o papel do design de produtos nesses problemas, os objetivos do trabalho.

O capítulo II apresenta os fatores que motivam as buscas da redução de impactos ambientais na atualidade.

O capítulo III apresenta as causas dos aumentos dos impactos ambientais, as reações de pessoas e das organizações a esses problemas, as diferentes abordagens, bem como, as principais alternativas projetuais para redução desses impactos.

O capítulo IV demonstra as principais estratégias que podem ser adotadas dentro da atividade de projeto de produtos no sentido de reduzir impactos ambientais dos produtos e das atividades humanas.

O capítulo V apresenta as possibilidades e limitações das avaliações do ciclo de vida do produto e demonstra alguns dos procedimentos que podem ser utilizados com o objetivo de minimizar os impactos ambientais dos produtos.

No capítulo VI é feita uma aplicação de procedimentos e estratégias de redução de impactos ambientais de produto, dentro do processo de projeto de uma carteira escolar.

O capítulo VII apresenta as conclusões e recomendações e o capítulo VIII e IX as Referências Bibliográficas e Bibliografia.

2 REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: MOTIVAÇÕES

O aumento dos impactos ambientais provocados pelas atividades humanas, que alteram o equilíbrio dos ecossistemas do planeta, bem como, as ameaças que essas alterações oferecem para a humanidade, têm estimulado encontros que reúnem cientistas, governos e Organizações não-governamentais (ONGs). São exemplos:

1972 - O Relatório do Clube de Roma (que propunha a parada do crescimento como solução para evitar a catástrofe ambiental), baseado no estudo “Os Limites para o Crescimento”, feito em 1972 por Dennis e Donella Meadows. Segundo este estudo, a explosão populacional levaria, necessariamente, a um colapso dos recursos naturais.

1972 – Conferência das Nações Unidas em Estocolmo: marca o estabelecimento da relação entre desenvolvimento econômico e degradação ambiental em nível mundial. Depois da conferência, Governos criaram o Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP).

Nos anos seguintes, pouco foi feito para integrar os assuntos relativos ao meio ambiente no planejamento das economias nacionais e no processo de tomada de decisão. A deterioração do meio ambiente se agravou colocando em evidência problemas, tais como, a redução da camada de ozônio, o aquecimento global, poluição da água e a aceleração da destruição de recursos naturais (United Nations, 2000).

Nos anos 80, surgem os primeiros acordos planetários:

1987 – Protocolo de Montreal, visando banir gradualmente o uso dos CFCs.

1987 – O Relatório Brundtland, alertando para a necessidade das nações se unirem na busca de alternativas para evitar a degradação ambiental e social do planeta. Contrariando a visão predominante nos anos 80 (inclusive no Brasil), de que a deterioração do meio ambiente era parte indissociável do desenvolvimento, vislumbrou a possibilidade de as nações se desenvolverem sem destruir o meio ambiente. Criou o conceito de desenvolvimento "sustentável" definido pela Comissão Mundial para o Desenvolvimento do Meio ambiente, em World (1987 p. 46), como "o desenvolvimento que atende as necessidades das atuais gerações sem comprometer a possibilidade das futuras atenderem às suas necessidades".

Em 1992, no Encontro da Terra no Rio, foram reunidas personalidades e governantes de todo o planeta com o objetivo de discutir como colocar o progresso científico e tecnológico a serviço da natureza e também do homem, onde o bem-estar social é considerado como um dos componentes do meio ambiente. Alguns dos principais pontos discutidos nesse encontro foram:

- O Desenvolvimento atual não deve prejudicar o desenvolvimento e necessidades ambientais das gerações atuais e futuras;
- As nações devem usar o princípio da precaução para proteger o meio ambiente. Onde existirem ameaças de danos sérios ou irreversíveis, a incerteza científica não deve ser usada para postergar medidas de prevenção da degradação;
- Com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção ambiental deve constituir uma parte integrante do processo de desenvolvimento e não deve ser considerada isoladamente;
- O poluidor deve, em princípio, arcar com o custo decorrente da poluição (Fiksel, 1996).

Em 1997, o encontro de Kyoto discute a necessidade de serem reduzidas e taxadas as emissões de CO₂ (dióxido de carbono) dos países desenvolvidos para evitar o efeito estufa. Esse encontro foi marcado por discordâncias entre norte-americanos, europeus e japoneses, pois os primeiros desejavam índices de redução menores que os demais.

As discordâncias no encontro em Kyoto trouxeram à tona um outro fato: países que investem em performance ambiental estão em vantagem competitiva num mundo em que a poluição e o desperdício são taxados. Por exemplo: enquanto os fabricantes dos EUA investiram na instalação de filtros com catalisadores para reduzir a poluição nos veículos, (estratégia end of pipe), os fabricantes do Japão investiram em motores com melhor performance que são menos poluentes e mais econômicos (Bural, 1996). Assim, uma

ecotaxação sobre o consumo de combustível favoreceria as vendas de automóveis japoneses nos Estados Unidos e em outros países.

Outra razão pela qual os EUA se opuseram a reduções drásticas ou taxações sobre as emissões de CO₂ foi o fato de que isso implicaria em aumento nos preços dos combustíveis, o que poderia frear o desenvolvimento econômico deles. É evidente que esse raciocínio não leva em conta os custos para resolver os problemas causados pelo efeito estufa que terá efeitos globais.

A aceitação por parte da sociedade dos efeitos indesejados do progresso tem relação com o modo atual de medir o desenvolvimento econômico ou o PIB de um país. Quanto maior a produção de bens e serviços, maior o PIB. Essa conta não inclui os custos dos danos sobre o meio ambiente ou sobre a saúde e o bem estar das pessoas.

Na forma atual de se calcular o PIB, se o Brasil derrubar e vender toda a madeira existente na floresta amazônica, a riqueza do país irá aumentar. Entretanto, um estudo publicado na revista inglesa *Nature* (*apud* Traumann, 1997, p.80) mostra que essa riqueza aparente tem sempre uma contrapartida oculta na natureza. Segundo esse estudo, se forem consideradas algumas de suas funções naturais, como a proteção do solo, a produção de alimentos e a prevenção do efeito estufa, “cada hectare de floresta virgem produz o equivalente a 2.000 dólares anuais em benefícios. Somados, os 55 milhões de hectares amazônicos fazem um serviço pelo homem equivalente na prática a 1,1 trilhão de dólares por ano”. Essa conta ainda é uma estimativa baixa, pois não considera os minerais no subsolo e os medicamentos que ainda podem ser

desenvolvidos a partir da natureza. Mesmo assim, essa cifra significa que quando se considera “apenas a Floresta Amazônica, o *PIB verde* brasileiro é maior do que o PIB econômico” (*ibid.* p.83).

Países industrializados tais como a Noruega, a França, o Canadá, o Japão, a Holanda e os Estados Unidos, possuem sistemas de análise econômica que levam em conta o valor dos recursos naturais (Hespanhol, 1992).

“A idéia de reunir economia e ecologia abre uma etapa nova para o uso racional dos recursos naturais”, afirma Mônica Regina Grasso (*apud* Traumann, 1997, p.82). Para ela: “utilizando valores monetários, fica muito mais fácil para a população e para as autoridades compreender que, quando se usa a natureza, há um preço a pagar”.

2.1 O aumento das pressões por parte da população

É crescente a consciência entre as pessoas dos impactos ambientais causados pelos produtos. Essa consciência pode provocar reações individuais ou coletivas.

As reações coletivas de comunidades vêm do impulso humano natural de auto-preservação. Este impulso é chamado de NIMBY ou “*not in my backyard*” (não no meu quintal). Para resolver o problema do lixo crescente nas cidades, uma solução é a construção de novos aterros sanitários. Como ninguém quer um “lixão” perto de casa, fica cada dia mais difícil encontrar novos locais para a construção de aterros sem provocar reações dos moradores mais próximos. Isso também vale para estações nucleares e fábricas poluidoras.

A revolta contra os efeitos da industrialização começou a se manifestar nos anos 60-70, através de grupos que pregavam a importância de retornar à

natureza e, até mesmo, abandonar ou deixar de lado a tecnologia. O radicalismo de algumas dessas proposições fez com que preocupações com o equilíbrio ecológico do planeta fossem vistas como coisa de grupos "anti-desenvolvimento".

Nos últimos anos, os grandes vazamentos de petróleo, tragédias como a de Bopal na Índia ou a de Chernobyl na Ucrânia, a poluição nas grandes cidades, tudo tem contribuído para destacar a emergência dos problemas ambientais e colocar esses assuntos em destaque nos meios de comunicação, pois os efeitos desses problemas têm potencial para afetar a vida de todos.

As reações individuais das pessoas também têm impacto sobre a saúde econômica das empresas. No derramamento de petróleo provocado pelo Exxon Valdez na costa do Alaska em 1989, milhares de clientes devolveram seus cartões de crédito e mudaram para uma outra marca de gasolina. A Exxon gastou milhões para melhorar sua imagem junto ao público e gastou em torno de dois bilhões de dólares para limpar a área que tinha sido afetada pelo derramamento (Carson, 1991).

Os vazamentos de petróleo da Petrobrás (no ano 2000) não chegaram a resultar em boicote aos produtos da empresa, mas, mesmo assim, motivaram campanhas pela internet que associam a imagem da empresa aos desastres ambientais que ela causou. A Petrobrás, após o vazamento de petróleo no rio Iguaçu, teve de investir milhões na limpeza dele e deve continuar investindo na manutenção e utilização sustentável da região, como forma de melhorar a sua imagem junto à comunidade.

Segundo pesquisa realizada pelo IBOPE em 1998, o brasileiro está disposto a pagar mais caro por um produto que não polui o meio ambiente. Na pesquisa, uma faixa de 68% do universo pesquisado fez essa afirmativa, enquanto outra de 24% se mostrou contrária à idéia. Embora a atitude de compra possa ser diferente das intenções (na hora da decisão, a disponibilidade financeira costuma falar mais alto) a pesquisa pode ser considerada uma indicação de que se o preço e a qualidade for igual, a maioria dos brasileiros vai optar por produtos com menor impacto sobre o meio ambiente (IBOPE, 1997).

O surgimento de esquemas de certificação ecológica em todo o mundo, que classificam os produtos de acordo com o seu impacto sobre o meio ambiente, fornece indicadores para as pessoas que levam em conta esses aspectos e também podem influenciar na decisão de compra ou não de um produto.

2.2 Pressões de governos

Governos são grandes compradores e muitas vezes não querem ser associados com os impactos ambientais causados pela produção, uso e descarte de produtos. O governo americano, ao exigir sistemas economizadores de energia em monitores de computador que adquire, obrigou toda a indústria a adotar os *energy savers* como parte integrante dos computadores que fabrica (Graedel e Allenby, 1995).

No Brasil, o governo exige Estudos de Impacto Ambiental (EIA) para a aprovação de grandes obras. Muitas vezes as aquisições de produtos em grandes quantidades também levam em conta os impactos ambientais da produção desses produtos como critério para a escolha do fornecedor.

Empresas que não querem ter surpresas desagradáveis devem ser capazes de antecipar a legislação de seu país e dos países para os quais exportam. A legislação vem mudando o foco da proibição do uso de certos materiais para a regulamentação do transporte de lixo e para o aumento da responsabilidade dos fabricantes ou da obrigação do "*take-back*" (retorno ao produtor de produtos ou materiais usados).

Na Alemanha já existem vários sistemas que obrigam as empresas a aceitarem de volta embalagens ou produtos contendo materiais potencialmente danosos ao meio ambiente. No Canadá, o comprador final paga uma taxa de seis centavos de dólar para cada lata de alumínio ou garrafa de bebida. Devolvendo essa embalagem ao supermercado, ele pode reaver essa taxa. Isso estimula a reciclagem em lugar do descarte no aterro sanitário. No Brasil, uma resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) determina que as pilhas e baterias que contenham chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, sejam devolvidas pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam para que sejam encaminhadas aos seus fabricantes ou importadores. (Conselho, 1999).

Instituições financeiras como o Banco Mundial, também exigem estudos de impacto ambiental para o financiamento de grandes obras. Nem governos, nem bancos gostam de ver seus nomes associados aos desastres ecológicos.

2.3 A própria empresa

A abrangência da responsabilidade dos fabricantes tem aumentado do início do século XX até os dias de hoje. Nos anos 20, o foco da atenção das empresas estava centrada nos seus processos produtivos; nos anos 40, essa

atenção passa a envolver também os fornecedores; nos anos 60, fornecedores e clientes e a partir dos anos 70, fornecedores, clientes, extração de materiais, processamento, produção, transporte, comercialização, uso e descarte no meio ambiente (Graedel e Allenby, 1995).

O aumento da abrangência da responsabilidade das empresas fica evidente no caso da indústria do cigarro, que hoje é chamada para arcar com pesadas indenizações para compensar as conseqüências do uso de seu produto.

Danos ao meio ambiente são muitas vezes encarados como efeitos indesejados (porém necessários) do progresso. Os custos desses danos são pagos ou pelas empresas ou pela sociedade. A complacência da sociedade com esses efeitos indesejados tem diminuído. Existe uma tendência de se exigir, via legislação, que as empresas arquem com esses custos.

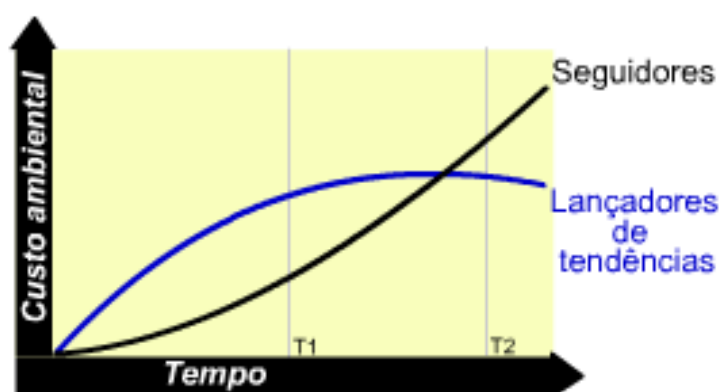
A responsabilidade com relação ao meio ambiente, por parte das empresas, resulta em qualidade ambiental de produtos/processos e tem interação positiva com a qualidade do produto em termos de funcionalidade, segurança em operação, durabilidade e reparabilidade.

Por outro lado, o sucesso na busca da qualidade ambiental nos produtos/processos e a comunicação desse sucesso à comunidade através de estratégias de marketing, contribuem para melhorar a imagem institucional da empresa.

Muitas empresas têm tirado vantagem competitiva ao adotarem padrões de qualidade ambiental acima da média. Reduzir a poluição e emissões é também reduzir custos e isso aumenta a margem de lucro. Essas reduções de custo acabam compensando os investimentos feitos para melhorar a performance

ambiental da empresa. Além disso, quando esses padrões de qualidade ambiental viram normas, a empresa que já atende a esses padrões está na frente dos competidores que terão de investir para se adequarem a essas normas. Estes últimos podem ter despesas crescentes, a médio e longo prazo, para resolver problemas ambientais criados pelas operações da empresa. O gráfico a seguir mostra os custos ambientais para os dois tipos de empresa, ou seja, aquelas que antecipam as tendências e aquelas que preferem "esperar para ver" e que seguem as tendências somente quando são obrigadas pela legislação, normas ou pressões do mercado.

Figura 1: Como se desenvolvem os custos ambientais para empresas que antecipam tendências e para aquelas que apenas as seguem (t1= curto prazo; t2 = médio/longo prazo).



Fonte: Krozer apud (UNEP, 1997, p.32).

Para a empresa que respeita o meio ambiente existem outras vantagens que são difíceis de medir. Uma delas é a melhoria do "clima" organizacional: Trabalhar em uma empresa que respeita o meio ambiente faz com que o empregado desenvolva sentimentos positivos sobre o seu local de trabalho.

Os trabalhadores são grandemente motivados se eles se sentem capazes de ajudar a reduzir o impacto ambiental dos produtos e processos da empresa.

Isso se deve em parte à pressão que eles sentem na vizinhança. Além disso, produtos e processos mais ecológicos interagem positivamente com a segurança e saúde dos trabalhadores. Por exemplo, a eliminação de um material tóxico nas linhas de produção reduz o risco de envenenamento do pessoal (UNEP, 1997).

2.4 Pressões de Organizações não governamentais

As organizações de defesa do meio ambiente têm grande penetração nos meios de comunicação e tendem a ser menos radicais que no passado recente. Hoje, muitos desses grupos trabalham em parceria com empresas buscando o desenvolvimento sustentado:

- Os amigos da terra: no passado, essa organização era anti-nuclear e anti-industrial e hoje tem abordagem mais pragmática e até mesmo parcerias com empresas como a tetra-pack (Libaert, 1992).
- Greenpeace: com suas atuações espetaculares conquista grande espaço na mídia. Promove manifestações anti-nucleares e contra a caça às baleias. Atualmente mais do que dizer: – parem a fábrica – essa organização ajuda no desenvolvimento de práticas mais sustentáveis. (Carson, 1991). Um exemplo dessa orientação foi a participação dessa organização no desenvolvimento de uma geladeira livre de substâncias que atacam a camada de ozônio e que não contribui para aumentar o efeito estufa (UNEP, 1997).

- WWF ou World Wildlife Fund: organização conservacionista que trabalha em parceria com instituições educacionais e empresas tais como: Dow, Du Pont e General Motors.

2.5 Normas internacionais

Uma das maiores motivações para um design de produtos mais ecológico tem sido o aparecimento de normas internacionais com recomendações de como as empresas devem proceder para contribuir com a melhoria da qualidade ambiental, diminuindo a poluição e integrando o setor produtivo na otimização do uso dos recursos ambientais.

Normas internacionais que tratam de qualidade, empresa, produto e meio ambiente vêm sendo desenvolvidas pela ISO (*International Organization for Standardization*). As normas da série ISO 14.000 começaram a ser desenvolvidas com o objetivo de apoiar os princípios do desenvolvimento sustentado, discutidos nas conferências da ECO 92 no Rio de Janeiro.

A adequação às normas ISO não é obrigatória, mas não podem ser desprezadas, pois elas são um importante fator de competitividade para empresas. No caso das séries ISO 9.000, empresas certificadas gozam de vantagens no comércio internacional de produtos, pois os grandes clientes industriais se sentem seguros sabendo que seus fornecedores são certificados e assim, se sentem menos obrigados a auditá-los com frequência.

A expansão da ISO série 14.000 tende a acontecer de forma similar ao que aconteceu no caso da ISO série 9.000. Para provar que a empresa está comprometida com a melhoria de sua própria performance ambiental, ela

precisa garantir que seus fornecedores estão desenvolvendo práticas para a redução de impactos ambientais. Assim, as empresas passam a exigir que os seus fornecedores também tenham a certificação como garantia de compromisso com o gerenciamento ambiental e com esse procedimento, contribuem para a disseminação do uso e aplicação da norma.

Embora a demanda por certificação seja mais forte nos países desenvolvidos, onde as pessoas exigem algum tipo de prova que o produto não causou danos ao meio ambiente, países como Brasil também são afetados, já que os Estados Unidos, a Europa e o Japão são os principais mercados para os seus produtos.

Fiksel (1996, p. 28) lembra que o escopo das normas ambientais é bem mais amplo e mais complexo que o das normas da qualidade. Enquanto as últimas são relacionadas apenas com a qualidade do produto, as primeiras atingem todas as interações da empresa com seu ambiente físico e humano; incluindo clientes, acionistas, fornecedores, comunidade, grupos de interesse e empregados.

As interações da empresa com o ambiente e com o ser humano dependem também de atitudes culturais, políticas e de requerimentos legais tratando sobre proteção ambiental. Como isso tudo varia grandemente de uma nação para outra, existem dificuldades quanto ao alcance de um consenso na criação de normas ambientais.

O SAGE, Grupo Estratégico Consultivo para o Meio Ambiente, é um comitê formado pela ISO para estudar quais devem ser os objetivos a serem perseguidos no desenvolvimento de normas de gerenciamento ambiental. Este

comitê tem também estabelecido vários grupos de trabalho para tratar de diferentes aspectos das normas incluindo:

Normas para as organizações ou processos:

- ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – Especificação e diretrizes para uso. Apresenta os requisitos de um sistema de gestão ambiental, “tendo sido redigida de forma a aplicar-se a todos os tipos e portes de organizações e para adequar-se a diferentes condições geográficas, culturais e sociais” ABNT (1996, p.2);
- ISO 14004: Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios e técnicas de apoio. Esta norma objetiva fornecer assistência as organizações na implementação ou aprimoramento de um sistema de gestão ambiental;
- ISO 14010, 14011, 14012: Diretrizes para auditoria ambiental – Princípios gerais: tem como objetivo guiar auditores e companhias que certificam auditores;

Normas orientadas para produtos:

- ISO 14020: Rotulagem ambiental e declarações: proporciona princípios para guiar o desenvolvimento de selos ambientais;
- ISO Guide 64:1997: Aspectos ambientais das normas de produtos: fornece algumas considerações gerais que devem ser levadas em conta no desenvolvimento de normas para produtos, para reduzir os impactos ambientais e alcançar a performance pretendida para o produto (ISO, 2001);

- ISO 14040: Análise do ciclo vida de produto - Princípios gerais e procedimentos: tem como objetivo encorajar os legisladores, as organizações privadas e o público a abordar assuntos ambientais de maneira sistemática, levando em conta o impacto ambiental de uma faixa mais ampla de atividades do que tem sido o caso (Baker, 1998, p. 6-16);
- ISO 14041: Análise do ciclo de vida do produto – definição do objetivo, do escopo e análise do inventário;
- ISO 14042: Análise do ciclo vida de produto – avaliação de impactos ambientais;
- ISO 14043: Análise do ciclo vida de produto – Interpretação do ciclo de vida.

A aplicação das normas ISO 14000 traz vantagens para a empresa. Além de facilitar a entrada dos produtos em novos mercados, a adaptação às normas obriga a empresa a olhar com atenção para as áreas em que ela provoca impactos no meio ambiente. A busca da redução desses impactos traz, em geral, os seguintes benefícios:

- Redução dos custos de gestão de resíduos;
- Proporciona economia no consumo de materiais e de energia;
- Redução dos custos de distribuição;
- Melhoria da imagem da empresa junto aos órgãos reguladores, aos clientes e ao público;
- Cria estrutura para o desenvolvimento de um processo de melhoria contínua na empresa.

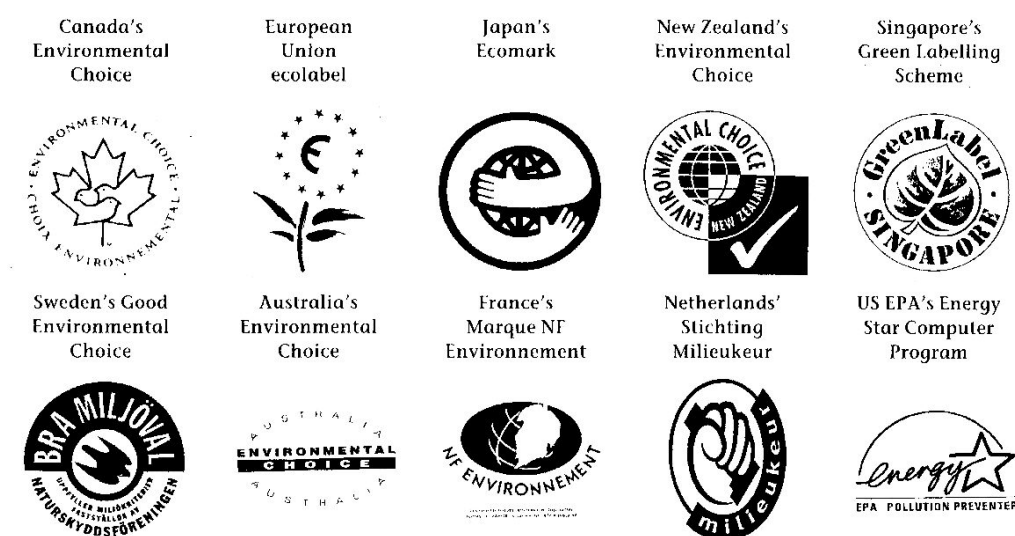
2.6 Rotulagem ecológica

Um grande incentivo para se levar em conta os impactos ambientais dos produtos tem sido o surgimento, em todo mundo, de esquemas para rotulagem ecológica. Esses esquemas medem a taxa de sensibilidade ecológica de um produto.

Um dos estímulos para a adoção de sistemas de rotulagem ecológica nos produtos são as possíveis restrições comerciais que a empresa pode sofrer em mercados que exijam a certificação como condição para a aceitação do produto.

O primeiro sistema de rotulagem ecológica (ou selo verde) europeu foi o Anjo Azul da Alemanha desenvolvido em 1977. Esse selo é dado para produtos que tenham pelo menos uma característica ecológica e apresenta um texto explicando a razão da concessão do rótulo, por exemplo: produto mais silencioso, produto feito de papel 100% reciclado, (Vigneron, 1993).

Figura 2: Exemplos de selos ecológicos



Fonte: UNEP (1997, p. 248)

No âmbito da União Européia, a ênfase recai sobre EU “Ecolabel”. Os objetivos desse selo são encorajar empresas a melhorarem sua performance ambiental e oferecer às pessoas uma indicação confiável de que, dentro da sua categoria, o produto tem o menor impacto ambiental durante o seu ciclo de vida (Bural, 1996).

O Japão utiliza em seu programa de rotulagem de produtos o Ecomark. O rótulo “pode ser usado não só para rotular produtos, como também, para promover iniciativas ambientais, como a reciclagem de garrafas e latas” Kinlaw (1998, p.8).

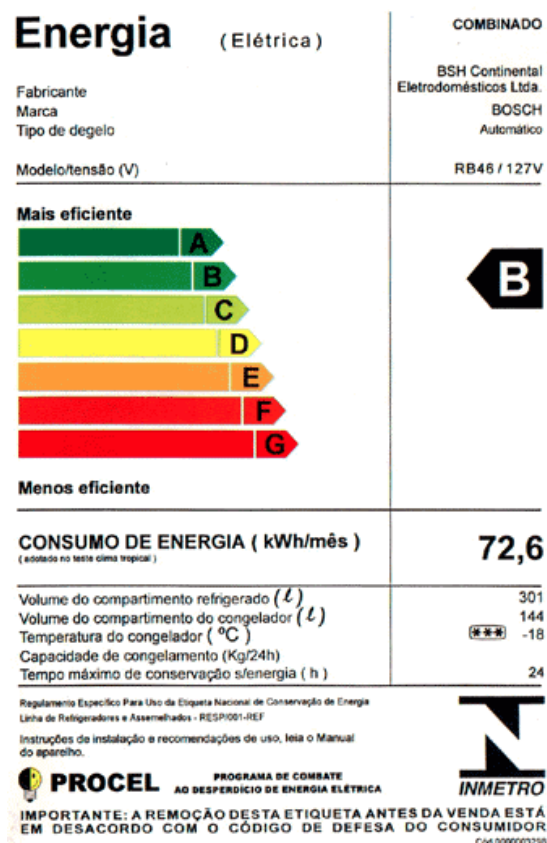
Os sistemas de rotulagem ecológica atuais apresentam algumas limitações. Uma delas é esquecer de considerar também a utilidade dos produtos. Isso abre caminho para que produtos supérfluos sejam classificados como ecológicos. A outra limitação vem da necessidade do fato de que só é possível comparar produtos que pertencem a uma mesma categoria. Um líquido para a limpeza de vidros pode ter a melhor performance ambiental entre produtos similares, mas a solução mais ecológica é misturar um pouco de vinagre na água e isso pode ser feito em casa. A solução canadense foi se abster de rotular nesses casos (Ventere, 1995).

Outra limitação vem da falta de uma graduação para a maioria dos sistemas de selo ecológico. No selo europeu, o produto é aceito ou não. Uma graduação indicando o grau em que o produto atende ou não a um requisito ambiental ajuda o comprador a estabelecer comparações.

Os rótulos que indicam o melhor ou pior desempenho em matéria de consumo de energia apresentam graduações. O rótulo PROCEL (no Brasil) e o

rótulo de energia da União Européia apresentam sete categorias indicando em qual o produto cai e oferecendo informação sobre o consumo anual entre outras informações.

Figura 3: rótulo que indica performance no uso da energia e logotipo do PROCEL



Fonte: INMETRO, 2001

Os diferentes sistemas de rotulagem ecológica adotados em todo o mundo são uma complicação a mais para as empresas, pois atender aos requisitos para a obtenção de um rótulo ecológico de um país não significa estar de acordo com os requisitos exigidos por outros países. A tendência é que aconteça uma harmonização dos diferentes rótulos ecológicos através de normas internacionais.

3 PROBLEMAS AMBIENTAIS: CAUSAS, ABORDAGENS E ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO

Os problemas ambientais causados pelas atividades humanas não são nenhuma novidade. Segundo Liebmann (1979, p. 10),

"Foi abandonando as regiões habitadas até então e buscando novas terras, que o homem da antiguidade evitou confrontos com os danos ecológicos da própria lavra. Tendo em vista a diminuta densidade populacional dos aglomerados humanos naquelas épocas, esta solução foi viável até o período em que tiveram início as grandes migrações dos povos. Para o homem moderno, essas migrações se restringiram ao planeta que entrementes se tornou pequeno".

No início, a interação do homem com o meio ambiente causava impactos ambientais localizados que eram percebidos apenas pelas comunidades mais próximas. O aumento das aglomerações humanas motivou a adoção de soluções que transferem o problema para outras partes do planeta. Para evitar a fumaça e os efeitos dela têm sido construídas chaminés cada vez mais altas

que levam para longe a poluição, mas que acabam por afetar os vizinhos distantes. O impacto crescente das atividades humanas – motivado pelo crescimento populacional e pelo aumento no consumo *per capita* – fez com que as conseqüências dos impactos ambientais passassem a ser percebidas globalmente.

A preocupação com a exaustão dos recursos naturais já fazia parte do trabalho de Malthus no seu "Ensaio sobre o princípio da população" publicado em 1798. Malthus previa a fome e a escassez para a espécie humana já que, segundo ele, a população cresceria mais rapidamente que a produção de alimentos. Felizmente, essas previsões não se concretizaram devido ao gigantesco desenvolvimento tecnológico que aconteceu a partir da revolução industrial e que possibilitou grandes ganhos de produtividade agrícola.

O problema da produção de alimentos parece ter sido resolvido (embora a fome não tenha sido eliminada devido às desigualdades na distribuição de renda e dos recursos do planeta). Mas, quando o assunto é meio ambiente, a solução para um problema pode criar novos problemas. A revolução tecnológica que aumentou a produtividade agrícola também criou danos ambientais graves como o envenenamento do ar, do solo e da água por agrotóxicos e pesticidas, a erosão do solo entre outros efeitos indesejáveis que a cada dia ficam mais evidentes.

O uso dos CFCs mostra, mais uma vez, como as soluções para um problema podem acabar muitas vezes criando ou aumentando outros problemas ambientais. Os CFCs substituíram amônia e dióxido sulfúrico, usados nos compressores de refrigeradores e que eram altamente tóxicos e de

manuseio perigoso. Para Frosch (1989, p.94) “os CFCs salvaram vidas e dinheiro”, entretanto os CFCs lançados na estratosfera vêm destruindo a camada de ozônio, que protege a vida na terra dos raios ultravioleta do sol.

Muitas das emissões para o meio ambiente podem ser reduzidas com a adoção de tecnologias mais limpas. Segundo Mansur (1999) no final da década de 80, um carro brasileiro emitia em média 24 gramas de monóxido de carbono, dois gramas de hidrocarbonetos e outros dois gramas de óxido de nitrogênio, a cada quilômetro rodado. Depois de 20 quilômetros percorridos, isso significava mais de meio quilo de sujeira lançado ao ar. Hoje, os carros passaram a sair da fábrica com emissões muito menores. A de monóxido de carbono, por exemplo, foi reduzida a um máximo de dois gramas.

O sucesso na redução de emissões dos motores a combustão foi alcançado, não apenas, em função da melhoria da eficiência destes, mas também devido ao uso intensivo de catalisadores a partir do início da década 90.

Em contrapartida, os catalisadores usados nos automóveis para reduzir a emissão de poluentes, também podem ser a causa do aumento da concentração na atmosfera de um gás que contribui para o aumento do efeito estufa. A conclusão é da EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA), (apud Wald, 1998).

O óxido nitroso (N_2O), um dos produtos da ação dos catalisadores, pode ser muito mais danoso ao clima que o CO_2 (dióxido de carbono), o gás mais associado ao efeito estufa. Segundo Bouwmann (1996) o N_2O seria 310 vezes mais eficiente que o CO_2 para bloquear o calor que deixa o planeta. A EPA

calcula que a produção de N_2O pelos veículos cresceu 50% entre 1990 e 1996. A causa seria o aumento do uso de catalisadores no período.

Novamente, não se pode dizer que a tecnologia triunfou ou reduziu o problema ambiental da poluição emitida pelos veículos motorizados sem criar, ou aumentar outros problemas. Isso lembra também que os automóveis já foram a solução para o problema da poluição nas cidades, causada pelo esterco e urina dos cavalos (Wald, 1998).

Não se pode negar que a tecnologia trouxe benefícios para toda a humanidade, tais como, a cura de muitas doenças, o aumento da expectativa de vida, a facilidade das telecomunicações e a rapidez dos meios de transporte para citar apenas alguns desses benefícios.

O desenvolvimento tecnológico que seguiu a revolução industrial foi acompanhado de um gigantesco crescimento na produção e comercialização de produtos. Nos últimos 300 anos, o comércio internacional de mercadorias cresceu 800 vezes. Nos últimos 100 anos, a produção industrial mundial cresceu 100 vezes e consumo de combustíveis fósseis foi multiplicado por 50 (Graedel e Allenby, 1998).

A consequência desse crescimento é a diminuição da capacidade local e global de absorver as emissões antropogênicas.

3.1 Causas do aumento dos impactos ambientais

Para Graedel e Allenby (1995) o crescimento dos impactos ambientais decorrentes dos produtos se deve basicamente a três fatores: em primeiro lugar ao crescimento populacional, em segundo, ao aumento da renda *per capita* que estimula o consumo, e em terceiro, ao impacto ambiental por

unidade produzida ou consumida. Eles usam a seguinte equação para explicar o crescimento do estresse ambiental:

$$\text{Estresse ambiental} = \text{População} \times \frac{\text{PIB}}{\text{Pessoa}} \times \frac{\text{Impacto ambiental}}{\text{Unidade do PIB}}$$

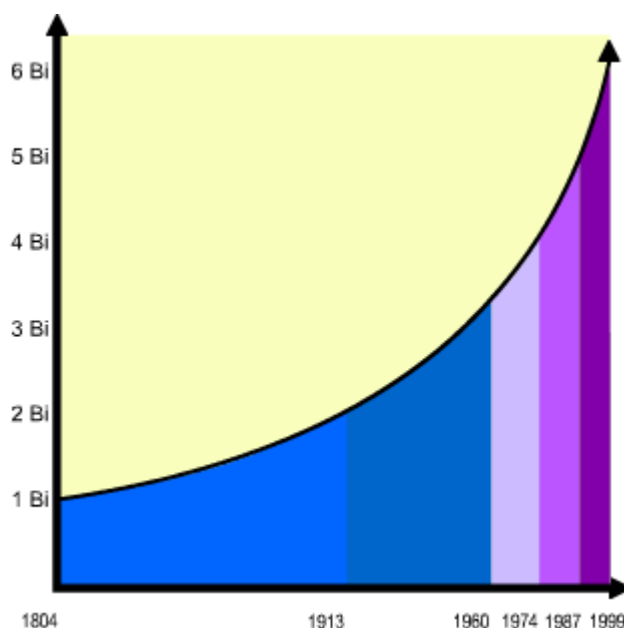
Considerando que o crescimento da população (primeira variável da equação) deve parar em algum momento e que o PIB (produto interno bruto)/pessoa, ou renda *per capita*, (segunda variável da equação) tende a aumentar, a variável que deve ser diminuída, para que seja possível reduzir o estresse ambiental que o homem provoca, é a que diz respeito ao impacto ambiental por unidade do PIB (terceira variável da equação).

3.1.1 O crescimento populacional

O crescimento populacional é um fator importante no aumento dos problemas ambientais. A aceleração deste crescimento ocorreu a partir do século 20 como resultado da revolução industrial, de avanços da medicina e da melhoria das condições de vida.

Para a ONU, em 1999 a terra atingiu aproximadamente seis bilhões de seres humanos. Isso aconteceu apenas 12 anos depois de ela ter atingido cinco bilhões. Segundo a demógrafa Diana Cornelius (apud Franzini, 1999) esta foi a vez mais rápida em que a população dá um salto de um bilhão. Ela diz que o mundo atingiu seu primeiro bilhão de habitantes em 1804, o segundo em 1913, o terceiro em 1960, o quarto em 1974 e o quinto em 1987.

Figura 4: A curva do crescimento populacional



Embora a taxa de natalidade tenha caído em todos os países desenvolvidos, isso não significa que o crescimento tenha parado. O crescimento dos últimos 12 anos equivale a somar a cada ano na população do planeta pelo menos 83 milhões de habitantes, ou seja, mais do que a população atual da França. O Brasil hoje apresenta uma taxa comparável a dos países mais desenvolvidos. Segundo o IBGE (2000) o Brasil apresentou um crescimento populacional anual de 1,63% na última década. Embora essa seja uma taxa pequena em relação às taxas de natalidade dos anos 60, em pouco mais de dez anos, ela proporciona um incremento na população do país equivalente a toda a população atual do Canadá.

Mesmo os demógrafos mais pessimistas acreditam que o crescimento populacional deve parar em algum momento. É difícil prever quando esse momento vai chegar, pois isso depende de fatores políticos, sociais, culturais e inclusive da capacidade de carga do planeta e do desenvolvimento da tecnologia, mas é praticamente certo que o crescimento irá continuar podendo

atingir o dobro da população atual no meio do século 21. Assim, salvo grandes epidemias ou desastres, a primeira variável da equação de Graedel e Allenby não vai sofrer reduções em curto prazo.

3.1.2 Crescimento da renda “*per capita*”

A segunda variável da equação, a renda *per capita*, apesar das grandes desigualdades entre regiões, também tem aumentado em todos os países nos últimos 100 anos. No Brasil, a renda *per capita* aumentou quarenta vezes em meio século, sendo que o PIB (produto interno bruto) aumentou 340 vezes nos últimos 67 anos (Castro, 1999).

A renda *per capita* é considerada um dos indicadores de qualidade de vida que, quase sempre, é definida como a capacidade de adquirir produtos e materiais (Graedel e Allenby, 1998). Dentro dessa ótica, como grandes consumidores de produtos e materiais, os Estados Unidos da América podem ser considerados um dos países que proporciona a melhor qualidade de vida. A tabela a seguir mostra o que aconteceria, na demanda sobre alguns materiais, se todos no planeta tivessem o mesmo padrão de consumo dos americanos.

Tabela 1: Uso de materiais selecionados na economia Global

Material	Consumo EUA 1990	Produção Mundial 1990	Produção necessária para igualar consumo Mundial /pessoa com EUA/pessoa	Fator de aumento
Plástico	25,0	78,1	530,0	6,8
Alumínio	5,3	17,8	111,5	6,3
Cobre	2,2	8,8	46,0	5,2
Ferro e aço	99,9	593,7	2117,9	3,6

Fonte: Graedel e Allenby, (1998, p.16) (consumo e produção estão em Tg)

A tabela anterior comprova que o impacto ambiental de um país depende, não apenas do tamanho da população, mas também do padrão de vida. Os EUA, com pouco mais de 3% da população mundial, têm um consumo de materiais que equivale a quase 30% do consumo mundial em alguns casos.

Para Graedel e Allenby (1996) a renda *per capita* e o padrão de vida tendem a crescer em todo o mundo. A tabela a seguir mostra esse crescimento nos últimos 40 anos.

Tabela 2: Crescimento real do rendimento *per capita* nos grupos de países 1960-2000

Grupo de países	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000
Países desenvolvidos	4,1	2,4	2,4	2,1
África	0,6	0,9	-0,9	0,3
Leste Asiáticos	3,6	4,6	6,3	5,7
América Latina	2,5	3,1	-0,5	2,2
Leste Europeu	5,2	5,4	0,9	1,6
Países sub-desenvolvidos	3,9	3,7	2,2	3,6

Fonte: Graedel e Allenby (1996, p.15)

A tendência de crescimento da renda *per capita* é desejável, pois aumentos na renda são normalmente acompanhados de melhorias no padrão de vida das pessoas. Mas qualidade de vida depende também da qualidade das interações do homem com o meio ambiente, então, seria também desejável que essa melhoria de padrão de vida pudesse ocorrer sem que fossem aumentados os impactos ambientais.

3.1.3 O impacto ambiental por unidade produzida

Resta então considerar a possibilidade de reduzir a terceira variável da equação ou o impacto ambiental por unidade produzida. A questão que surge é: "de quanto deve ser essa redução para, pelo menos, manter o estresse ambiental nos níveis atuais?"

Para Graedel e Allenby (1998) a redução de impactos ambientais por unidade produzida é a opção que oferece maiores oportunidades de diminuição de impactos no curto prazo. Eles consideram que se a população dobrar no século 21 e se a segunda variável, o padrão de vida, aumentar de 3 a 5 vezes; então o impacto ambiental por unidade produzida deve ser de 6 a 10 vezes menor para que seja possível manter os impactos nos níveis atuais. Como muitos desses impactos são considerados insustentáveis, a tecnologia deve proporcionar reduções ainda maiores para manter a possibilidade de um desenvolvimento sustentável para a sociedade.

Manzini (1997) utiliza um raciocínio semelhante para chegar ao mesmo resultado. Ele considera que para conciliar o crescimento populacional com melhorias na qualidade de vida e com desenvolvimento sustentável, a redução de impacto ambiental por unidade produzida deveria ser de 90%, ou seja, o impacto dos produtos deve ser 10 vezes menor que o atual.

Pode parecer um completo absurdo propor hoje o desenvolvimento de produtos que possam ser feitos e utilizados com apenas 10% dos materiais e energia dos produtos atuais. De fato, é um absurdo imaginar reduções tão radicais dispondo da tecnologia e dos processos de produção atuais. Entretanto, para que sejam construídas as bases de uma sociedade

sustentável é preciso romper paradigmas para pensar e direcionar o progresso tecnológico nessa direção.

3.2 Abordagens para a solução dos problemas ambientais

Na busca de soluções para os problemas ambientais atuais têm surgido diversas reações e abordagens para enfrentar esses problemas. Essas reações vão de extremos opostos onde se situam a ecologia radical e a anti-ecologia, passando pelo desenvolvimento sustentável com seus diferentes enfoques.

3.2.1 Ecologia Radical

Para os adeptos da ecologia radical, a tecnologia deve ser encarada com suspeita devido à cota de participação do desenvolvimento tecnológico nos problemas ambientais do nosso tempo. Eles defendem o retorno à baixa tecnologia como solução para a redução dos impactos ambientais atuais. Do ponto de vista da ecologia radical, a tecnologia faz parte do problema e não da solução (Graedel e Allenby, 1995). Muitos dos adeptos dessa abordagem chegam a ver na eliminação ou redução da espécie humana como a única solução para resolver os problemas ambientais atuais.

A ecologia radical é de difícil aceitação, pois implicaria no abandono do conforto e das facilidades trazidas pela tecnologia, além de exigir uma ruptura drástica com o modelo econômico e social atual.

3.2.2 A anti-ecologia

Seus defensores não formam um grupo homogêneo. Eles se opõem aos movimentos ecológicos por diferentes razões. Eles fundamentam seu otimismo quanto ao futuro a partir das forças da tecnologia e do desenvolvimento. Segundo eles, os recursos naturais são ilimitados e todas as dificuldades de ordem ecológica encontrarão, mais cedo ou tarde, uma solução técnica. Outros acreditam no crescimento econômico ilimitado e denunciam o fundamentalismo ecológico que pode impedir o desenvolvimento econômico (Provost, 1998). Esses argumentos têm sido defendidos por empresas e até mesmo por governos. No Brasil foram usados argumentos semelhantes a partir dos governos militares da década de 60 para justificar as políticas de ocupação da Amazônia.

A identificação das causas dos problemas ambientais atuais é, na maioria das vezes, baseada em evidências. Isso dá margem a contestações por parte de grupos que seriam os supostos causadores dos problemas. Por exemplo: No caso do efeito estufa existem evidências de que o dióxido de carbono, emitido por fábricas e automóveis, é pelo menos parcialmente responsável pelo problema. Essas evidências têm sido contestadas pelos países e grupos econômicos que são os maiores causadores dessas emissões, e que não querem correr riscos de abalos no sistema econômico, reduzindo-as. Essa postura têm despertado reações, até mesmo, por parte dos cidadãos desses países.

A anti-ecologia, ou a defesa da economia e do mercado como as únicas forças que podem definir e regular as complexas relações entre os ecossistemas do planeta, enfrenta oposição cada vez mais forte.

3.2.3 Desenvolvimento sustentável

Este conceito fica no meio do caminho entre dois extremos: a ecologia radical e a anti-ecologia.

O conceito de desenvolvimento sustentável abrange muito mais que apenas o meio ambiente. Ele tem implicações sobre as causas do aumento dos impactos ambientais tais como: crescimento populacional, suprimento de alimentos, limites nos recursos naturais, destruição de habitat e redução da biodiversidade (UNEP, 1997). Desenvolvimento sustentável implica em mudanças nos sistemas de produção envolvendo fornecedores e clientes para orientar investimentos, desenvolvimento tecnológico, políticas institucionais e comportamento de consumo na direção da redução do uso de recursos naturais e da redução de emissões danosas ao meio ambiente. O objetivo dessas mudanças deve ser o de atender às necessidades das atuais e futuras gerações.

O desenvolvimento sustentável não se opõe ao desenvolvimento econômico, pois este também é necessário para o atendimento das necessidades das futuras gerações, mas exige estratégias para maximizar o valor agregado, reduzindo o consumo de recursos e de energia (Provost, 1998).

Na busca do desenvolvimento sustentável existem diferentes abordagens, dependendo do aspecto ambiental focado.

3.2.4 A abordagem da produção limpa

Produção limpa é um passo importante para o desenvolvimento sustentável. O princípio básico dessa abordagem “é que a poluição que não existe, não precisa ser removida. As experiências demonstram que a produção limpa pode freqüentemente ser uma prática lucrativa” UNEP, (1997, p. 38). Nos processos produtivos, a produção limpa significa a economia de materiais e de energia, bem como a redução de emissões tóxicas e de resíduos para o meio ambiente.

A abordagem da produção limpa enfatiza mais os processos produtivos que os produtos. O ecodesign atende a essa lacuna, pois está mais direcionado aos produtos.

3.2.5 Ecodesign

O Design para o Meio Ambiente ou Ecodesign são as principais denominações da atividade de projeto que busca a redução dos impactos ambientais dos produtos. Nesse tipo de projeto, a relação do produto com o meio ambiente, durante todo o seu ciclo de vida, é levada em conta na definição das diretrizes para a tomada de decisões em projetos.

A atuação do ecodesign no sentido de reduzir impactos ambientais tem caráter preventivo e pode contribuir para que muitas “medidas e gastos com as chamadas tecnologias de fim de processo (ou *end of pipe*), como filtros, incineradores e estações de tratamento de efluentes, possam ser reduzidos ou até evitados” Malaguti, (1997, p.68).

O ecodesign não dispensa o uso dos critérios de projeto utilizados pelo design tradicional. Entretanto, “nesse processo é dado ao meio ambiente o mesmo status de outros valores industriais mais tradicionais tais como o lucro, a funcionalidade, a estética, a ergonomia, a imagem e a qualidade em geral” UNEP (1997, p. 37).

O desenvolvimento de produtos mais ecológicos, “cria um diferencial importante na conquista de mercados, nos quais o consumidor, já mais esclarecido, passa a buscar produtos ecologicamente compatíveis ou adequados” Malaguti, (1997, p.68).

3.2.6 Ecologia Industrial

Esta abordagem incentiva as empresas a trabalharem em conjunto, com foco no reuso dos materiais que são descartados e não na prevenção do descarte de materiais. O objetivo da ecologia industrial é usar os materiais descartados por uma empresa como matérias-primas para os processos produtivos de outra empresa (UNEP, 1997, p. 41). Assim, a ecologia industrial busca implantar no ciclo de vida do produto um sistema parecido com o dos ecossistemas naturais que vivem próximos do equilíbrio. O objetivo é o de transformar o lixo de um em recurso de outro. Por exemplo: Na Dinamarca uma termoelétrica, que funciona pela queima de carvão, aproveita o calor que sobra do processo para fornecer aquecimento para as residências da cidade de Kalundborg. As cinzas são usadas na produção de cimento e pavimentação de ruas. A usina também fornece aquecimento, na forma de vapor, para uma refinaria e indústrias das redondezas. Em contrapartida, a usina também usa

as sobras de gás da refinaria para a geração de energia, e assim, reduz as suas emissões devidas a queima do carvão (Gertler, 1996 e Wann, 1996).

3.3 Alternativas para a redução dos impactos dos produtos

Segundo Manzini (1991) as possibilidades de atuação do design dentro na redução de impactos ambientais acontecem em três níveis:

1. Redesign ecológico de produtos existentes, atuando no ciclo de vida do produto, melhorando a sua eficiência em termos de consumo de material e energia e simplificando a sua reciclagem ou destino final;
2. Design de novos produtos ou serviços individuais substituindo os atuais, buscando a criação de produtos mais favoráveis do ponto de vista ecológico;
3. Sugestão de novos cenários ambientais correspondentes a novos estilos de vida.

3.3.1 Redesign de Produtos

O redesign ecológico de produtos existentes não exige grandes alterações nos produtos e processos atuais, no caso do automóvel implica em projetar veículos mais econômicos e menos poluidores e que utilizem peças recicláveis. A indústria automobilística brasileira começa a marcar as peças e partes recicláveis dos novos veículos com símbolos padronizados e conhecidos em todo o mundo, para facilitar a triagem e reciclagem.

A tecnologia tem tido um sucesso relativo na redução dos materiais e do uso de energia pelos produtos, mas, os ganhos com essas reduções, são, muitas vezes, anulados por mudanças nos paradigmas de consumo. Os automóveis hoje são mais leves e utilizam menos material que os veículos de

20 atrás. Mas hoje, as pessoas querem veículos maiores, de preferência uma camionete com 3.000 kg de peso para transportar alguém de 70 kg no trânsito urbano. Por outro lado, o número de quilômetros rodados por pessoa também aumentou, (EPA, 1994). Isso faz com que os ganhos da redução de materiais e de emissões, na produção e uso dos veículos sejam reduzidos, ou mesmo anulados.

3.3.2 Criação de novos produtos

A criação de produtos que substituam os atuais com vantagens do ponto de vista ecológico, requer mais disposição para mudanças, por exemplo, as tentativas de desenvolvimento de um veículo movido a energia solar para substituir os atuais movidos a combustão.

A existência física dos produtos quase sempre cria problemas ambientais, pois produto ecológico deveria ser um produto que trouxesse benefícios ao meio ambiente e isso raramente acontece.

Assim, um produto ideal do ponto de vista ambiental seria um "não produto". Ou seja, a criação de um sistema que substitua ou elimine a necessidade de um produto físico. A substituição de um produto físico por um serviço ou produto virtual já é uma realidade hoje. Acontece no caso dos "correios de voz" em que o aparelho "secretária eletrônica" é substituído por um serviço que recebe e centraliza as mensagens dos usuários. Outros exemplos são os serviços de mensagem eletrônica que substituem a mensagem de papel e os transportes necessários para que esta chegue ao seu destinatário.

Para Fioruzzi (1996) não se deve esperar que reduções significativas do uso dos materiais e das emissões dos produtos venham a acontecer através da substituição do produto físico por serviços: Para ele, os novos produtos ou serviços são normalmente complementos e não substitutos.

A afirmação anterior pode ser comprovada no caso do consumo de papel. Hoje nos EUA aproximadamente a metade dos adultos têm acesso a internet Motta (1999). Assim, a maior parte das correspondências pessoais circula pela rede mundial. Isso, em princípio, reduziria o uso do papel e da necessidade de transportá-lo. Entretanto, o volume de correspondências e o consumo de papel dele decorrente vêm aumentando, pois a quantidade de mensagens publicitárias enviadas pelo correio aumentou.

Produtos mais eficientes têm sido desenvolvidos como resultado de novas tecnologias, mas também acabam sendo usados como complementos e não como substitutos dos produtos antigos. O forno microondas reduz o tempo de preparo dos alimentos, mas até hoje não eliminou a necessidade do forno tradicional e é um item a mais nas cozinhas atuais.

3.3.3 Novos estilos de vida

Já a busca de novos cenários exige mudanças radicais que dependem de transformações na sociedade. Ainda no caso do automóvel, implicaria na revisão do sistema de transporte individual, propondo alternativas que substituam esse tipo de transporte e que sejam menos agressivas ao meio ambiente.

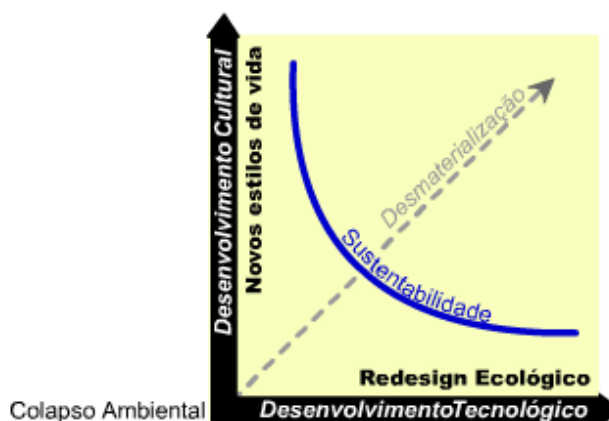
O uso compartilhado dos automóveis pode melhorar em 100% ou mais a eco-eficiência de cada veículo. Para tanto, bastaria uma mudança na forma de utilização dos veículos. O simples aumento de uma para duas pessoas usando cada veículo proporcionaria um ganho dessa ordem. Uma melhoria de 100% na eco-eficiência de um produto levaria tempo para ser obtido apenas com o desenvolvimento da tecnologia.

Para Manzini (1991) as mudanças nos estilos de vida só podem emergir a partir de uma complexa dinâmica sócio cultural onde os projetistas têm um papel limitado. Entretanto, a busca de soluções ambientalmente corretas depende do empenho de vários atores entre os quais aqueles que projetam e planejam nosso ambiente artificial.

3.4 Busca da eco-eficiência

Para que seja alcançada a eco-eficiência dos produtos e processos atuais é necessário que ocorram progressos nas três opções citadas anteriormente, ou seja, no redesign de produtos, na criação de novos produtos e na busca de novos estilos de vida. Esses progressos dependem do desenvolvimento tecnológico e do desenvolvimento cultural.

Figura 5: Os dois eixos da sustentabilidade



Fonte: Adaptado a partir de Manzini (1991) e Manzini (1997b)

O gráfico apresentado na figura 5 tem dois eixos representando tecnologia e cultura. É necessário que ocorram progressos nos dois eixos para que seja alcançada a sustentabilidade. A busca de novos estilos de vida mais ecológicos pode levar a redução dos impactos ambientais, mas, tomada isoladamente, aproxima-se das soluções propostas pela ecologia radical e não resolveria satisfatoriamente as necessidades humanas. O redesign dos produtos e processos com o objetivo de reduzir o uso de materiais e emissões pode contribuir para minimizar os problemas ambientais, mas isoladamente não deve resolver o problema da demanda crescente por produtos e serviços em todo o planeta. A ausência de avanços em pelo menos um dos eixos levaria a um colapso ambiental. A sustentabilidade pode ser alcançada pela combinação de avanços nos dois eixos, ou seja, pelo desenvolvimento de produtos mais eficientes e pelo uso mais racional e menos consumista desses produtos.

Assim, para Manzini (1997b) a redução de impactos ambientais, para apenas 10% dos impactos atuais (ver p. 44), depende, não apenas do redesign dos produtos, mas também do redesign do sistema no qual esses produtos são produzidos e utilizados, e da busca de soluções para viver melhor diminuindo o consumo físico e descobrindo novas possibilidades para fazer negócios reduzindo a produção.

Mudanças nos paradigmas atuais de produção e de consumo abrem outras possibilidades de redução de impactos ambientais. Para Manzini, uma mudança na forma atual de fazer negócios poderia resultar em ganhos para o

meio ambiente. Ele propõe o deslocamento do foco dos negócios atuais que está na venda de produtos, para a venda de resultados. Em lugar de vender combustível para aquecimento, a empresa iria vender o aquecimento. Em lugar de vender pesticidas, a empresa iria vender o controle de pragas na agricultura. Com isso, a empresa estaria de fato comprometida com o oferecimento do melhor aquecimento ou controle de pragas e preocupada com a redução de seus custos, que nos casos acima, poderia ser obtida com a redução do uso de combustível ou o de pesticidas. Assim, seria possível "fazer negócios produzindo menos" Manzini (*ibid.*).

As reduções do consumo de materiais e de geração emissões, para 10% dos níveis atuais, sugeridas por Manzini e Graedel são necessárias para evitar o aumento do impacto ambiental das atividades humanas devido ao crescimento populacional e ao aumento da renda *per capita* e do consumo. Entretanto, a proposta não estabelece prioridades de redução entre diferentes produtos atuais que causam os maiores impactos ambientais e os produtos que são mais eficientes do ponto de vista ambiental ou eco-eficientes. Assim, é importante conhecer a eco-eficiência do produto para que seja possível concentrar esforços de redução de impactos naqueles que apresentam o pior desempenho ambiental.

Simon e Sweatman (1997) estabelecem alguns princípios básicos para o projeto de produtos eco-eficientes. A análise do grau em que esses princípios foram considerados no projeto do produto pode permitir a identificação do grau de eco-eficiência de um produto.

Por exemplo:

- Priorização da satisfação das necessidades que devem ser atendidas pelo produto ou serviço sobre satisfação das vontades;
- Desmaterialização através da redução da quantidade de materiais e energia requerida por unidade de serviço;
- Uso de fontes renováveis de materiais e de energia;
- Minimização da dispersão dos materiais no meio ambiente, seja de resíduos sólidos ou de outras emissões poluentes, especialmente se perigosas para a saúde humana ou para o ecossistema. Isso implica em reuso, reciclagem e outros procedimentos.

3.5 Conclusão

Grande parte dos problemas ambientais atuais é decorrente do crescimento populacional que tem sido acompanhado pelo aumento da produção, uso e descarte de produtos. Considerando que o crescimento populacional tende a continuar e que a produção deve aumentar para atender necessidades de uma população com demandas cada vez maiores sobre o sistema produtivo, existe a necessidade de reduzir o impacto ambiental por unidade produzida para que os problemas ambientais não aumentem, ou para que eles sejam reduzidos.

O desenvolvimento sustentável é a opção que contempla tanto a busca da redução de impactos ambientais quanto a melhoria da condição de vida das pessoas. Essa busca de soluções passa pelo desenvolvimento técnico e social e pode estar focada nos produtos ou nos processos produtivos, dependendo da abordagem adotada.

Processos produtivos são desenvolvidos em função dos produtos. Assim, nos próximos capítulos deste trabalho serão apresentadas as possibilidades de intervenção no projeto de produtos para a redução de impactos ambientais e busca do desenvolvimento sustentável.

4 CONTRIBUIÇÃO DO DESIGN PARA A REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE PRODUTOS

Como demonstrado nos capítulos anteriores, uma parte significativa dos problemas ambientais atuais é causada pela produção, uso, consumo e descarte de produtos. Muitos desses problemas ambientais poderiam ser evitados ou minimizados se fossem adotadas as estratégias adequadas para a redução de impactos ambientais ainda no processo de projeto.

A definição tradicional de um produto bem projetado inclui os seguintes critérios:

- Bom desempenho da sua função;
- Fabricação eficiente e uso de técnicas e materiais apropriados;
- Facilidade de uso e segurança;
- Boa relação custo/benefício;
- Qualidades estéticas e visuais.

A importância relativa desses critérios varia dependendo do tipo de produto. Para Mackenzie, (1997, p. 68) uma nova definição de bom design deve incluir a

consideração com aspectos ambientais e a resposta a seguinte questão: “foi o produto projetado para minimizar o impacto que ele tem sobre o meio ambiente, durante todo o seu ciclo de vida?”.

O Design pode desempenhar um importante papel na melhoria do relacionamento do produto, ao longo do seu ciclo de vida, com o meio ambiente, já que no processo de projeto é possível prever e tentar evitar os impactos ambientais negativos dos produtos.

Calcula-se que 80% dos custos de um produto durante o seu ciclo de vida são fixados durante o projeto. Para Camous (1997), com os custos ambientais dos produtos acontece algo semelhante, ou seja, a maioria dos custos ambientais pode ser determinada ainda no processo de projeto.

O processo tradicional de desenvolvimento de produtos pode ser visualizado de diferentes maneiras. O quadro a seguir apresenta um desses modelos.

Quadro 1 : Etapas do processo de projeto de um produto
1. Identificação de oportunidades
2. Conceituação
3. Projeto Preliminar – ante-projeto, estudos de viabilidade
4. Desenvolvimento (ou concepção) – especificação, detalhamento
5. Qualificação – técnica, econômica, de mercado

Fonte: (baseado em) Ulrich, 1995

O ecodesign adiciona novas atividades ao processo de projeto sem alterar, em princípio, a estrutura desse processo. Essas atividades envolvem a busca de novos tipos de informação (p. ex.: impacto ambiental dos diferentes materiais, produtos e processos) e a tomada de novos tipos de decisão (p. ex.:

optar entre atender requisitos ambientais ou outros requisitos do projeto, escolher estratégias adequadas para redução dos impactos ambientais do produto, criar conceitos de produtos de baixo impacto ambiental), (UNEP, 1997 p.41-42).

No processo tradicional de projeto do produto são determinados os materiais, quanto tempo o produto vai durar, quão eficiente será o uso de energia e se após o fim da sua vida útil ele poderá ser reaproveitado ou não. "Os objetivos do designer ambientalmente responsável são: usar o mínimo de recursos, conseguir o maior valor de uso com o mínimo de materiais e de energia e minimizar a poluição criada durante o processo de produção e vida útil do produto" Mackenzie (1997, p. 68).

4.1 Estratégias para o melhorar a performance ambiental de produtos

Quando se fala em projeto de produtos mais ecológicos, redução é a palavra-chave, na maioria das vezes. A redução do uso de recursos naturais aplicados no produto ou na sua utilização, a redução ou eliminação de resíduos ao longo do seu ciclo de vida, ou até mesmo, no final da sua vida útil, reduzindo a geração de lixo, tudo isso contribui para a diminuição de impactos ambientais dos produtos.

As estratégias mais usadas no desenvolvimento de produtos, com o objetivo de reduzir a pressão sobre os recursos naturais e reduzir os impactos ambientais causados pela geração de resíduos ao longo da vida dos produtos (processos produtivos, utilização e descarte), podem ser classificadas em duas

categorias, ou seja: estratégias de redução e estratégias de extensão da vida útil do produto, dos seus componentes ou dos seus materiais.

As estratégias de redução têm como objetivo a redução do consumo de recursos naturais reduzindo o consumo de matérias-primas ou o consumo de energia ao longo do ciclo de vida do produto, ou ainda, reduzindo as emissões do produto que possam ser danosas para o meio ambiente.

A extensão da vida útil tem como objetivo prolongar o tempo de utilização do produto ou dos materiais nele incorporados. Para alcançar esse objetivo podem ser usadas – no projeto do produto– estratégias para o aumento da durabilidade, para a facilitar reutilização do produto, para a remanufatura, ou ainda, para a reciclagem dos materiais que compõem o produto.

O quadro 2 apresenta, de forma resumida, exemplos de estratégias de redução e de extensão da vida útil de produtos que serão detalhadas neste capítulo.

Quadro 2: Estratégias de redução de impactos/extensão da vida dos produtos	
Estratégias de Redução:	Exemplos:
Redução do uso de recursos naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Simplificação da forma • Agrupar funções • Evitar superdimensionamentos • Diminuir volume • Diminuir peso • Diminuir uso de água • Usar materiais abundantes
Redução do uso de energia	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir energia na fabricação • Reduzir energia na utilização do produto • Reduzir a energia no transporte • Usar fontes de energia alternativas
Redução de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Usar materiais reciclados, • Usar materiais vindos de fontes abundantes • Evitar material que produza emissões tóxicas

Estratégias - extensão da vida útil • Exemplos:	
Aumentar a durabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar manutenção • Facilitar substituição de peças • Incentivar mudanças culturais (p. ex.: descartável x durável)
Projetar para o reuso	<ul style="list-style-type: none"> • Na mesma função • Em outras funções
Projetar para a remanufatura	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar desmontagem • Prever atualizações tecnológicas • Projetar intercâmbio das peças
Projetar para a reciclagem	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar desmontagem • Identificar diferentes materiais • Agregar valor estético aos materiais reciclados
Planejar final da vida útil dos materiais/produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar materiais biodegradáveis em produtos de vida útil breve, • Utilizar materiais que possam ser incinerados para a geração de energia sem que produzam emissões tóxicas.

4.1.1 Redução do uso de recursos naturais

A redução do uso de recursos naturais nos produtos é uma opção perfeitamente compatível com os interesses de qualquer empresa que dependa de materiais ou de energia para fazer seus produtos.

4.1.1.1 Redução do uso de materiais

Minimizar o uso de materiais nos produtos sem piorar seu desempenho (ou de preferência melhorando o seu desempenho) permite produzir mais barato e aumenta a competitividade dos produtos no mercado.

A miniaturização de produtos e componentes acontece com frequência, principalmente no caso dos equipamentos da área da eletro-eletrônica e da

informática. A substituição de fios de cobre por cabos de fibra ótica reduz o volume dos cabos e ainda melhora a transmissão.

Mas existem limites para a miniaturização, principalmente no caso dos produtos com os quais o homem estabelece algum tipo de contato físico. Para o manuseio dos botões de calculadoras e telefones, estes devem ter dimensões que permitam a visualização e o acionamento manual.

Os ambientes e cabines devem ter dimensões adequadas, não apenas as dimensões antropométricas, mas também, as necessidades psicológicas de espaço pessoal.

A simplificação da estrutura e da forma do produto conduz com freqüência a redução do uso de materiais. A simplificação pode ser obtida pela redução do número de componentes necessários para o produto funcionar bem e pela redução ou eliminação de características com funções meramente decorativas.

O agrupamento de mais de uma função em um mesmo produto contribui para a redução da proliferação de produtos e, como consequência, para reduzir a demanda sobre os materiais e recursos naturais. Também neste caso a informática oferece bons exemplos de produtos multifuncionais. O computador pode ser um aparelho de lazer quando funciona como um aparelho de CD, de vídeo game, de televisão, de vídeo para filmes DVD, de rádio; ou como aparelho utilitário quando funciona como telefone, relógio despertador, álbum fotográfico; ou ainda, como instrumento de trabalho quando desempenha as funções de calculadora, máquina de escrever, instrumento de desenho entre outras. Uma limitação para o uso de todas essas aplicações em um único

aparelho vem do fato de que atividades tão diferentes (como lazer e trabalho) são desempenhadas normalmente em ambientes diferentes.

Outra dificuldade para o desenvolvimento de produtos multifuncionais vem do risco de que o produto venha a apresentar uma performance insuficiente em uma ou mais funções. Mas a idéia de produtos versáteis e que desempenhem diferentes funções deve ser explorada, se o objetivo for a redução do uso de materiais e de espaço físico.

4.1.1.2 Redução do uso de energia

A redução do uso de energia dentro dos processos produtivos também interessa muito aos fabricantes. Qualquer empresa que viva em um ambiente competitivo busca alcançar a redução nos custos originados do consumo da energia, que afetam diretamente a competitividade da empresa no mercado.

O custo do consumo de energia durante a fase de utilização do produto recai, na maioria das vezes, sobre o usuário e nem sempre interessa diretamente ao fabricante. Nesses casos, o maior estímulo para a busca da redução no consumo de energia dos produtos tem sido a legislação. Por exemplo: o desenvolvimento do “computador verde” para atender as restrições da EPA (Agência de Proteção Ambiental – EUA).

Se o usuário de um produto é bem informado, ele vai comparar a performance quanto ao consumo de energia do produto durante a fase de uso, pois isso pode proporcionar economias significativas. A diferença de consumo de energia entre uma geladeira mais e outra menos eficiente pode significar uma redução de gastos na conta de energia que equivale (em torno de dez anos) ao preço de uma geladeira nova. Assim, a obrigação de informar ao

comprador o consumo de energia de alguns produtos permite comparações de desempenho que podem influenciar a decisão de compra (ver Rotulagem ecológica, p. 32).

Embora a redução no consumo de energia de produtos dependa muito de soluções de Engenharia Mecânica ou Eletrônica, soluções da área do Design Industrial também podem contribuir nessa direção. A Frigidaire americana desenvolveu uma geladeira com múltiplas portas para minimizar o escape de ar frio e poupar energia (Bural, 1994).

O uso de fontes de energia renováveis e não poluentes permite a obtenção de ganhos para o meio ambiente, bem como, ganhos econômicos em geral a longo prazo. Em locais em que a incidência do sol é constante ao longo do ano, o uso da energia solar para aquecimento da água só tem aumentado. O custo inicial do equipamento é compensado entre um e quatro anos, dependendo do consumo, pela economia na conta de energia elétrica ou de gás.

A energia solar também pode gerar a energia elétrica através do uso de células fotovoltaicas. O aproveitamento da energia solar para essa finalidade ainda é limitado devido ao custo das células. Porém, a energia solar também tem sido usada com sucesso em equipamentos de baixo consumo de energia como as calculadoras.

A dificuldade de estocar a energia elétrica obtida a partir da energia solar ou eólica, devido à ineficiência das baterias, bem como, os resíduos tóxicos deixados por elas no final da sua vida útil são outras limitações para o aproveitamento dessas fontes de energia.

O uso de energia e a poluição gerada no transporte também podem ser reduzidos no processo de projeto do produto. A especificação de matérias-primas que possam ser encontradas em locais próximos da produção contribui para reduzir a necessidade de transportes de materiais. O uso de recursos locais também pode estimular a geração de empregos nas proximidades. Outras formas de se reduzir a necessidade dos transportes são a redução do tamanho do produto, fazer desmontável para o transporte e estocagem, ou ainda, fazer empilhável.

4.1.1.3 Redução dos resíduos gerados pelo produto

O uso de materiais e processos danosos para o meio ambiente é um dos problemas mais evidentes da produção industrial. Na maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, a legislação ambiental tem se tornado cada vez mais rigorosa com as indústrias poluidoras. No processo de projeto é possível contribuir com a redução dos resíduos gerados pelo produto especificando materiais que não apresentem emissões tóxicas ou danosas ao longo do processo produtivo. Por exemplo: Empresas do ramo automobilístico vêm substituindo as tintas à base de derivados de petróleo usadas nos seus veículos, por outras, à base de água. Possuindo a água como principal solvente, com esse tipo de tinta reduz-se a poluição atmosférica causada pelos solventes orgânicos, bem como, a poluição do ambiente de trabalho.

As emissões do produto durante fase de utilização também podem ser previstas na durante o projeto. A escolha e o desenvolvimento de tecnologias mais “amigas” do meio ambiente podem contribuir para redução de emissões

indesejáveis. Por exemplo: o uso da energia solar ou eólica no lugar da energia obtida a partir da combustão.

O uso de informações disponíveis na literatura sobre as vantagens e desvantagens, para o meio ambiente, do uso dos diferentes materiais e processos pode ajudar o designer a fazer escolhas menos danosas à natureza. A criatividade no uso dessas informações pode conduzir a reduções significativas nos impactos ambientais dos produtos.

Uma empresa europeia desenvolveu um rádio que não usa pilhas, mas sim, a energia elétrica carregada a partir de um dínamo. Este rádio tem uma pequena manivela que deve ser girada por 25 segundos para gerar energia necessária para funcionar por 1 hora (nas últimas versões). Além da utilidade do rádio para comunidades que não têm acesso à energia elétrica, a manipulação do aparelho apresenta aspectos lúdicos e instrutivos. O rádio tem função educativa, pois a ação manual necessária para o seu funcionamento contribui para lembrar que a energia não surge do nada e que é importante evitar o descarte de materiais tóxicos no meio ambiente, tais como as pilhas usadas.

Figura 6: Rádios sem pilhas que usam o Bayliss (gerador inventado por Trevor Bayliss)



Fonte: Baygen, (1997)

Os brinquedos de hoje em dia são grandes consumidores de pilhas e baterias. –Pilha– é uma das primeiras palavras que as crianças de hoje aprendem. Para criar e desenvolver brinquedos, com responsabilidade ambiental, designers devem estudar alternativas para o uso das pilhas, seja explorando outras formas de brincar, seja utilizando outras soluções para a geração de energia como aquela utilizada no rádio citado anteriormente.

Outra oportunidade de melhoria na performance ambiental dos produtos no uso está no aperfeiçoamento da interface entre o produto e o usuário. A forma do produto deve fornecer indicações sobre o seu funcionamento. Manuais, painéis e embalagens devem ser suficientemente claros para que o usuário possa entender facilmente como extrair o melhor desempenho do produto. Por exemplo: usando o design gráfico e a ergonomia para explicar claramente, nas embalagens de sabão, a quantidade de sabão que é necessária para lavar uma certa quantidade de roupa numa máquina de lavar ou ainda desenvolvendo dosadores mais fáceis de usar. Isso evita desperdícios e ajuda a minimizar o uso de materiais, bem como, as emissões para o meio ambiente.

4.1.2 Estratégias para a extensão da vida útil do produto

Uma outra forma de reduzir a demanda sobre os recursos naturais é a extensão da vida útil dos produtos. Ela pode ser alcançada tanto através do projeto de produtos feitos para durar, quanto através de estratégias de reaproveitamento do produto ou dos materiais nele incorporados.

4.1.2.1 Aumentar a vida útil do produto

A necessidade de baratear os custos de produção leva, muitas vezes, ao desenvolvimento de produtos de curta vida útil. A dificuldade de substituir um componente danificado leva ao descarte e substituição de todo o produto. Assim, a vida útil do produto pode ser prolongada, se a facilidade na manutenção e na substituição de componentes forem características do produto previstas no projeto. Um bom exemplo disso é o sofá desenvolvido pela IKEA. Esse sofá é coberto por uma capa que pode ser removida para limpeza ou reparo. A IKEA vende novas capas que podem substituir as antigas caso elas fiquem desgastadas pelo tempo. Os clientes podem ainda comprar um modelo em papel com instruções para fazerem as capas (UNEP, 1997).

O desenvolvimento tecnológico também pode contribuir para aumentar a durabilidade dos produtos. Uma lâmpada fluorescente compacta, além consumir até 80% menos energia em relação à uma lâmpada incandescente que proporcione uma iluminação similar, é também muito mais durável.

Para Kaldjian (1992) fazer o produto durável é a primeira recomendação para o design de produtos. Fazer durável significa ir contra os princípios da obsolescência planejada e contraria os paradigmas atuais de produção e consumo. Algumas empresas, antecipando as tendências para um aumento da sua responsabilidade com relação aos seus produtos, têm iniciado o desenvolvimento de produtos para durar. A Philips através do Philips Corporate Design estuda alternativas entre produtos altamente recicláveis e produtos feitos para durar (Philips, 1993). Essa segunda estratégia busca materiais e tratamentos de superfícies que resistam à passagem do tempo e inclui o uso

de materiais que culturalmente são associados com durabilidade. Por exemplo: usando madeira em um rádio-relógio de tecnologia avançada.

Embora o plástico seja um material extremamente durável, ele perde o brilho e desbota com o passar do tempo, passando a impressão de decadência. Essas características incentivam à substituição do produto. A madeira também se altera com o passar do tempo, mas as mudanças na sua coloração e textura são aceitas como características de um material nobre.

Aspectos relativos à estética podem influenciar a vida útil do produto (principalmente no caso dos bens de consumo). O termo “estético” é freqüentemente usado no sentido de aparência ou estilo, ou ainda algo superficial. Entretanto, para que o produto tenha uma longa vida útil, suas qualidades estéticas também devem resistir a passagem do tempo. Isso implica em simplicidade formal e em evitar formas e acabamentos extravagantes que logo ficam fora da moda (Walker, 1995).

Figura 7: *Chaise long* projetada em 1928 – seu desenho continua atual e é um exemplo de design durável



Produtos duráveis não são necessariamente de baixo impacto ambiental. O maior impacto ambiental de um automóvel ocorre durante a sua vida útil. Um

automóvel de 20 anos de uso e que roda cinco quilômetros com 1 litro de combustível é menos desejável que um atual que faz 15 km/litro. Pelo menos no caso dos produtos mais complexos, os limites para a reutilização do produto estão na sua capacidade de incorporar os avanços tecnológicos ambientalmente desejáveis.

Um produto pode ser descartado por ter ficado fora da moda ou por estar tecnologicamente defasado, mesmo que ele continue a funcionar bem. Roupas e móveis são freqüentemente tirados do uso por mudanças na moda. A obsolescência técnica é mais comum em dispositivos eletrônicos.

No caso dos produtos eletrônicos, a adaptabilidade pode ser a solução. Assim, para aumentar a vida útil desses produtos, podem ser previstos durante o projeto, a utilização de sistemas modulares para permitir a substituição e atualização de componentes internos que possam ficar defasados do ponto de vista tecnológico.

Em adição, para atender às necessidades de atualização estética e de diferenciação das pessoas, o produto pode ter partes externas que sejam substituíveis com facilidade. Isso também facilita a manutenção em caso de danos nessas partes. Existem, no nível conceitual, projetos de veículos cuja estrutura poderia ser reutilizada. Em vez de trocar o carro a cada dois anos, o usuário do veículo poderia trocar partes do veículo que tenham sofrido alterações em função do desenvolvimento tecnológico ou de design. Após dez anos, o fabricante assumiria o compromisso de adquirir o veículo para reaproveitamento e reciclagem (Veiga, 1991 e Bural, 1991).

Confiabilidade e qualidade são importantes aspectos da durabilidade. Um produto de qualidade exige menos substituições e com isso contribui para a redução de impactos ambientais. Confiabilidade e qualidade devem ser previstas no projeto do produto e não devem ser deixadas para uma inspeção posterior. Entretanto, a confiabilidade às vezes exige redundância de sistemas. Isso tem interação negativa com simplicidade no design e aumenta os custos (UNEP, 1997, p.67).

Algumas ações, dentro do processo de projeto, contribuem para aumentar a vida útil do produto sem o uso de recursos adicionais. Contudo, o aumento da durabilidade pode depender do aumento do uso de recursos. Quando isso acontece, as desvantagens resultantes do uso de mais recursos naturais devem ser comparadas às vantagens do aumento da vida útil do produto.

O uso de materiais duráveis em produtos de curta duração contribui para aumentar o problema do lixo, pois materiais duráveis levam mais tempo para degradar. Assim, designers devem evitar a escolha de materiais duráveis para atender funções temporárias, a menos que esses materiais possam ser reaproveitados.

As estratégias que facilitam o reaproveitamento dos produtos ou dos materiais nele incorporados também são maneiras de prolongar a vida útil dos produtos ou materiais. Reuso, remanufatura e reciclagem são estratégias de reaproveitamento mais usadas.

Nas estratégias de reaproveitamento também são consumidos materiais e energia e também são gerados resíduos. Por ordem de preferência, do ponto de vista ambiental, são indicadas as seguintes estratégias de

reaproveitamento: Reuso, remanufatura e reciclagem. Através do reuso e da remanufatura, a maioria dos componentes é reutilizada. Quanto mais o produto mantiver a sua forma original, melhor para o meio ambiente.

4.1.2.2 Projeto para o reuso

A estratégia de reuso pode prever o prolongamento da vida útil do produto na sua função original através de manutenção. Isso acontecia com as embalagens de vidro utilizadas para o leite que no passado eram reutilizadas na mesma função enquanto estivessem inteiras. Outra possibilidade é o aproveitamento do produto em outras funções. Os copos de vidro utilizados como embalagem para queijo cremoso são aproveitados como copos para o uso diário por muitas pessoas.

Para ser efetivo, o reaproveitamento deve trazer vantagens tanto do ponto de vista econômico, quanto do ambiental. Transportar garrafas retornáveis para reenvase pode ter um custo econômico e ambiental maior, dependendo da distância, que os custos e impactos ambientais da produção e descarte de garrafas descartáveis. Uma limitação desse tipo poderia ser resolvida pela tecnologia, p.ex: existem estudos para o desenvolvimento de uma máquina que limpa, esteriliza, enche os vasilhames e aplica o rótulo. A pessoa deve levar a embalagem vazia até o supermercado onde, diante de um terminal multimídia, escolhe os líquidos das marcas da sua preferência. A máquina faz o resto (Para, 1995).

Na Alemanha já são utilizadas, desde 1988, máquinas para reencher vasilhames de leite retornáveis. Máquinas assim podem viabilizar o uso de embalagens retornáveis do ponto de vista técnico e econômico, mas existem

ainda dificuldades a serem superadas do ponto de vista cultural. Será que as pessoas estariam dispostas a separar, armazenar e transportar suas embalagens vazias para o enchimento? Para o professor Manzini, *apud* Leon (1990), a resposta pode ser sim, se o design dessa embalagem for mais atraente e desejável que o de uma embalagem descartável.

Se um produto continua sendo esteticamente atrativo ao longo do tempo, ele terá mais chances de ser reutilizado pelo primeiro ou por um segundo usuário. Isso implica em evitar o uso da estratégia da obsolescência planejada tanto para aspectos visuais e estéticos, quanto para aspectos técnicos do produto.

4.1.2.3 Projeto para a remanufatura

Muitos produtos, descartados e lançados em aterros sanitários ou incinerados, têm a maioria dos seus componentes em boas condições de funcionamento e que poderiam ser reaproveitados.

A remanufatura ou reforma do produto prevê a desmontagem até o nível das peças e/ou componentes, o teste, a manutenção ou substituição dos últimos e a montagem do produto para que este continue desempenhando a mesma ou uma nova função.

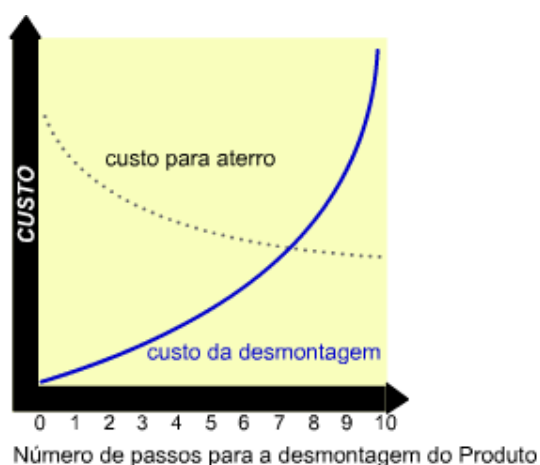
No caso de bens de consumo duráveis, uma das maiores barreiras para o reaproveitamento é o custo da desmontagem, quanto maior o número de passos para desmontar um produto, mais caro e difícil é o seu reaproveitamento.

A figura 8 demonstra que a desmontagem pode ter um custo menor ou maior que o do lançamento do produto em aterro sanitário, dependendo do

número de passos necessários para separar os módulos, peças e componentes do produto. Se o produto for descartado inteiramente sem que nenhum passo de desmontagem seja executado o custo de aterro é máximo. Se alguns passos de desmontagem são executados, alguns materiais serão reaproveitados e o volume de materiais descartados diminui junto com os custos de aterro que pode ser zero se nada for descartado.

Os custos da desmontagem seguem uma trajetória inversa e aumentam a medida em que mais passos de desmontagem são necessários para separar pequenos componentes e a desmontagem fica mais difícil. O Designer pode reduzir o custo do fim da vida útil do produto se a desmontagem for facilitada. Por outro lado, para produtos cuja desmontagem seja complexa, o descarte no aterro pode ser a opção preferencial do ponto de vista financeiro, Graedel e Allenby, (1995, p. 271).

Figura 8: Custo para a desmontagem e custo de aterro do produto dependendo do número de passos de desmontagem executados



Fonte: Graedel e Allenby, (1995, p. 271).

Para que o produto seja de fácil manutenção, reparação e atualização, seus componentes devem ser facilmente acessíveis, rapidamente compreendidos.

Reparação tem implicações no modo com que o produto é montado, no tipo de encaixes, nos materiais especificados e na acessibilidade aos componentes. A compreensão do produto como um todo é também um importante aspecto em termos de facilidade de uso, manutenção e reparação. Portanto, quanto menos adições supérfluas o produto tiver, tanto mais fácil será a sua manutenção ou reparação. Assim manutenção, reparação e atualização também sugerem a redução e simplificação do design do produto. Isso também é uma importante consideração para a desmontagem do produto com objetivos de remanufatura e reciclagem (Walker, 1995).

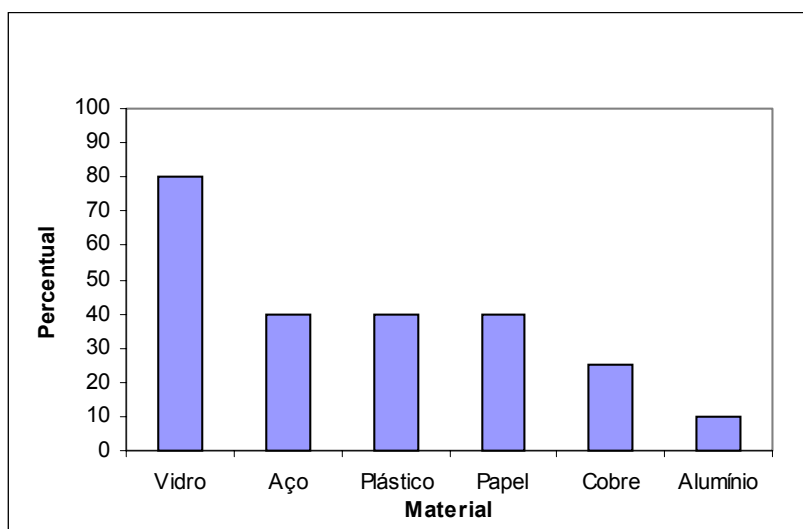
O DFD, ou design para a desmontagem, tem sido utilizado com o objetivo de facilitar a desmontagem dos produtos para viabilizar o prolongamento da vida útil do produto através de atualização, reparação, remanufatura ou até mesmo da reciclagem. Para facilitar a desmontagem, a BMW desenvolveu um carro cujo processo de separação de peças metálicas das peças plásticas leva apenas 20 minutos (Graedel e Allenby, 1995).

4.1.2.4 Projeto para a reciclagem

A reciclagem exige a desmontagem dos produtos até a separação, limpeza e transformação dos materiais, sendo que esses processos demandam novos materiais e energia para a produção de novos componentes, peças ou produtos. Esses processos implicam no consumo de energia e de recursos naturais que também apresentam custos ambientais. Esses custos ambientais são geralmente, maiores que os do reuso do produto ou de suas partes, porém menores que os da produção dos materiais a partir de matérias-primas virgens. Os impactos ambientais da reciclagem do alumínio equivalem a 10 % dos

impactos da produção a partir de materiais virgens (figura 9). A energia necessária para a produção do alumínio a partir do material reciclado traz reduções ainda maiores. Ela demanda apenas 5 % da energia necessária para a produção a partir de materiais virgens (Billatos, 1997 p.66). Portanto, quando as opções reuso, reparação e remanufatura não são viáveis, a reciclagem dos materiais do produto deve ser facilitada. Em alguns casos, os custos da coleta, separação e reciclagem podem exceder os custos monetários e ambientais, do descarte no aterro ou incineração. Entretanto, a reciclagem é uma alternativa, em geral bastante atraente, quando são considerados todos os benefícios que ela traz, tais como: preservação de áreas de terra e cursos de água, incremento da renda de famílias carentes e redução da pressão sobre recursos naturais.

Figura 9: Percentual de impacto ambiental da produção de materiais novos a partir de reciclados em relação à produção a partir de materiais virgens



Fonte: (adaptado) UNEP, (1997, p. 185)

O aumento do custo de algumas matérias-primas e a dificuldade de encontrar locais para a instalação de novos aterros sanitários são alguns dos

fatores que têm estimulado empresas e governos a buscarem soluções alternativas para esses problemas e entre essas soluções, a reciclagem é uma das mais conhecidas.

Sistemas de coleta, separação e comercialização de materiais recicláveis são uma realidade em muitas cidades brasileiras. Em Curitiba funciona, desde 1989, um sistema de coleta e separação do lixo biodegradável do reciclável. O lixo reciclável é coletado por caminhões especiais e por pessoas, que coletam o material reciclável, usando carrinhos. Outro tipo de coleta é feito para os materiais perigosos como pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, toner, embalagens de remédios, agrotóxicos e venenos. Os materiais recicláveis são separados em unidades de valorização de rejeitos e vendidos para usinas de reciclagem. Os objetos em boas condições de uso são vendidos. Alguns objetos, tais como, computadores e bicicletas são reformados e doados para comunidades carentes. O sistema reduziu a necessidade de novas áreas para aterros sanitários e tem contribuído na geração de empregos.

Para que a reciclagem seja possível, a separação dos materiais é muito importante para evitar a mistura de materiais incompatíveis. Esse processo pode ser facilitado através da aplicação de símbolos e códigos para identificar cada material.

É difícil reciclar o material de um componente e reutilizá-lo para produzir esse mesmo componente. A maioria dos materiais perde propriedades de resistência mecânica e de acabamento superficial, cada vez que passa pelo processo de reciclagem (principalmente no caso dos plásticos). Assim, o aproveitamento do material se dá em finalidades menos nobres. Esse problema

pode ser minimizado com o desenvolvimento de materiais capazes de passar várias vezes pela reciclagem sem perder suas propriedades.

Figura 10: Embalagens fáceis de compactar reduzem os custos de coleta e transporte de materiais recicláveis

(porém, para que isso aconteça é necessária a participação do usuário).



As informações colocadas na maioria dos produtos, hoje em dia, são parciais. A etiqueta “este material é reciclável” vende a idéia de que o produto é “ecológico”, porém para ser reciclado de fato, o material depende de uma estrutura montada com essa finalidade. Como essa estrutura nem sempre existe, a maior parte desses materiais acaba sendo levada para o lixo ou aterro sanitário. Essa estrutura depende da separação doméstica do lixo, implicando numa mudança de hábitos das pessoas e da criação de serviços de coleta seletiva e triagem desses materiais por parte do poder público.

Nos EUA, a “US Federal Trade Commission” proíbe a propaganda dizendo que “o produto é reciclável” se não existir uma infra-estrutura para o retorno do produto, sendo que “a reciclagem térmica” (incineração) não é considerada como reciclagem (UNEP, 1997 p. 157).

O design pode contribuir para que a reciclagem dos materiais seja incentivada usando os produtos como suporte de informações claras sobre como o usuário deve proceder para facilitar a reciclagem dos materiais. Por

exemplo: “esse material é reciclável se forem adotadas as seguintes medidas:...”.

A falta de informações para o usuário leva a um outro problema: “Comprando” a idéia de que a maioria dos produtos que adquire é reciclável, muitas pessoas retiram da consciência qualquer parcela de culpa sobre os danos ambientais causados pelos produtos ao meio ambiente e não se preocupam em buscar alternativas para reduzir o consumo ou para a atitude consumista.

Outro obstáculo à reciclagem dos materiais é o preconceito que existe contra os materiais reciclados. Na percepção da maioria das pessoas, o material reciclado é um material de segunda classe. No caso do plástico que perde propriedades a cada reciclagem, isso é particularmente verdade. Entretanto, esse problema tende a ser superado com o desenvolvimento de novos materiais. Restará então tentar mudar a percepção negativa que as pessoas têm com relação ao plástico em geral e com o plástico reciclado em particular. Os designers podem contribuir para mudar essa percepção explorando as possibilidades estéticas dos plásticos reciclados.

O desenvolvimento de produtos utilizando plásticos reciclados esbarra em problemas, tais como, a ausência de homogeneidade, as diferenças de textura e a mistura de cores desses materiais. As pessoas não aceitam essas variações no plástico, pois estão acostumadas a ver o plástico como material padronizado e homogêneo. Entretanto, a exploração das qualidades visuais e a valorização das propriedades estéticas das diferentes cores e da aplicação de

texturas podem fazer com que cada produto seja um produto único e diferente dos demais. Isso pode contribuir para a aceitação dos plásticos reciclados.

Figura 11: Cabides
feitos de materiais
reciclados

Fonte: Exposição
Refuse Use, 1997.



4.1.3 Outras estratégias

4.1.3.1 Planejar o final da vida útil dos materiais/produtos

A incineração com recuperação de energia é uma das opções que pode ser aplicável se estiverem esgotadas as outras possibilidades economicamente viáveis de reaproveitamento. Os materiais são queimados e o calor é aproveitado para geração de energia elétrica. O grande problema dos antigos incineradores, a emissão de dioxinas, parece ter sido resolvido nos equipamentos mais modernos. A contribuição do design nesta opção está limitada ao uso de materiais que não liberem poluentes tóxicos durante a queima.

Como última opção, o descarte do produto em um aterro sanitário, pode ser a melhor saída quando os custos ambientais do reaproveitamento do produto superam os custos ambientais do descarte. Neste caso, também a contribuição

do design está limitada a especificação de materiais menos tóxicos ou que degradem mais rapidamente em um aterro.

4.2 Conclusão

As estratégias para redução dos impactos ambientais dos produtos citadas acima podem contribuir para melhorar a performance ambiental de produtos, materiais e processos nas fases de obtenção dos materiais, fabricação dos produtos, uso, reutilização ou descarte. Porém, a utilização de apenas uma estratégia ou o foco sobre a redução de um único impacto ambiental pode trazer resultados indesejados quando se considera a performance ambiental do produto desde o início e até o final da sua vida útil.

A estratégia de reduzir a quantidade de materiais no produto pode ter interação negativa com a de aumentar a sua durabilidade. Aumentar a durabilidade de um produto pode ser negativo para o meio ambiente se o produto for descartado após uma curta vida útil.

Em alguns casos a reciclagem pode ter custos ambientais maiores que os do descarte do produto no meio ambiente.

Outros produtos são produzidos em pequenos lotes e não provocam impactos ambientais significativos. Alguns desses casos não justificam um grande compromisso com a minimização de impactos, embora o designer possa leva-los em conta devido a razões pessoais ou éticas (Bural, 1996).

Assim, no processo de projeto, na escolha de estratégias para melhorar a performance ambiental de um produto, devem ser adotados procedimentos para identificar os impactos ambientais em cada uma das fases do seu ciclo de

vida do produto, a magnitude e importância desses impactos, bem como, as relações entre eles.

5 PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DOS PRODUTOS

Na percepção da maioria das pessoas, as indústrias são as grandes culpadas pelos problemas ambientais que o mundo enfrenta hoje. Isso acontece porque durante a fase de fabricação os impactos ambientais sobre o ar, o solo e a água são mais visíveis e mais evidentes. O descarte do produto é feito em áreas mais distantes, fora das cidades, e não fica tão visível. A extração das matérias-primas é feita em locais ainda mais distantes. As fábricas são, em geral, próximas dos grandes centros urbanos e essa visibilidade faz com que sejam consideradas como as grandes vilãs da poluição.

A redução de impactos ambientais na fase da fabricação é importante, mas nem sempre traz os benefícios esperados para o meio ambiente quando se considera todo o ciclo de vida do produto, uma vez que, alguns produtos causam maiores impactos ambientais na fase de obtenção das matérias-

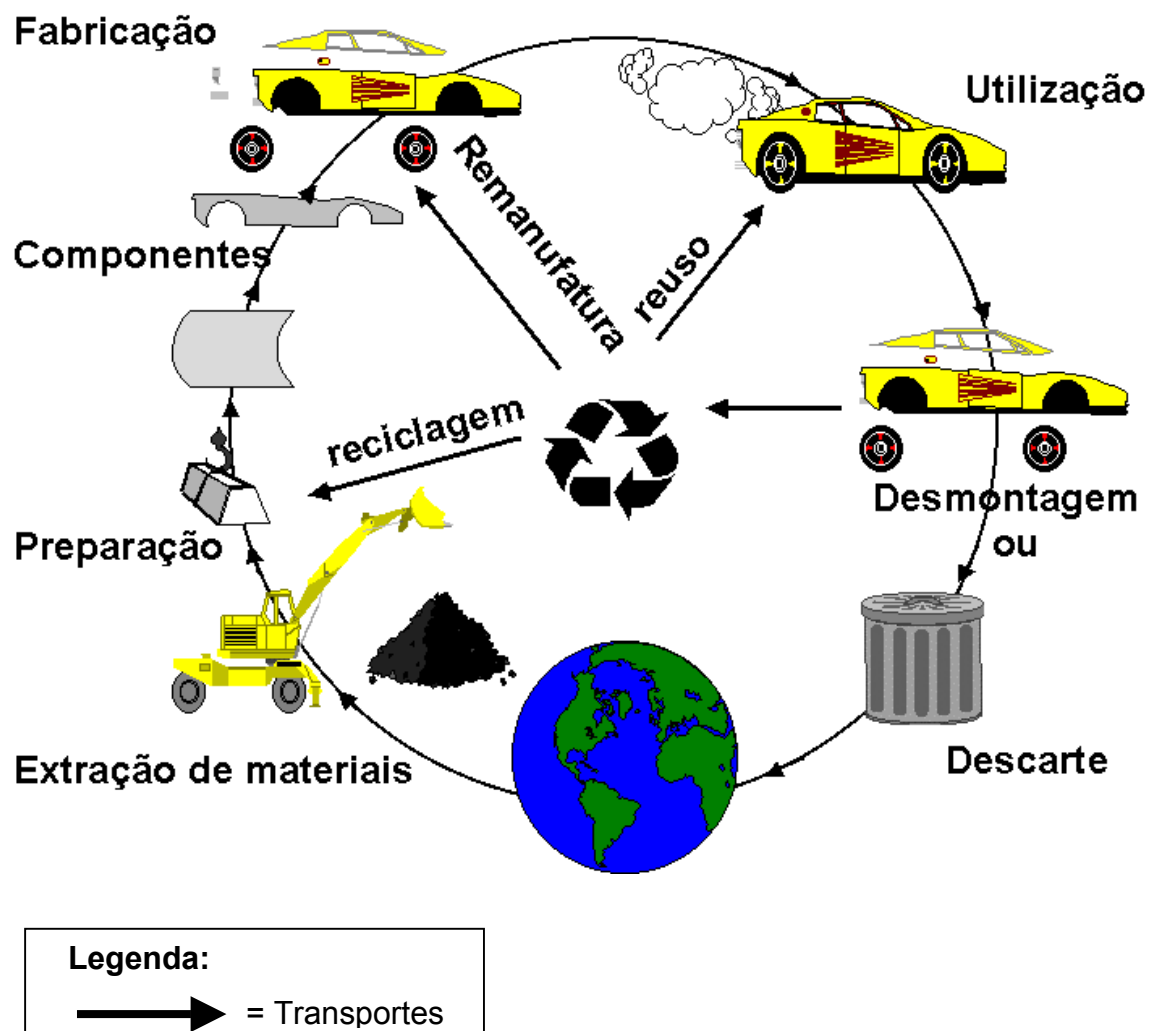
primas, outros no descarte, outros durante a utilização. Em alguns casos, atuar reduzindo apenas os impactos ambientais da fabricação pode até mesmo piorar a performance ambiental do produto quando se considera o seu ciclo de vida como um todo, por exemplo: reduzir a quantidade de materiais de isolamento térmico de uma geladeira, reduz o consumo de matérias-primas e reduz emissões para o meio ambiente na produção, mas faz aumentar o consumo de energia elétrica durante o uso e os impactos ambientais decorrentes desse aumento.

Assim, é importante identificar corretamente em qual fase do ciclo de vida do produto ocorrem os impactos ambientais mais significativos antes de se decidir pela escolha de uma estratégia para melhorar a performance ambiental do produto.

5.1 Avaliação do ciclo de vida do produto

A avaliação do ciclo de vida do produto (ACV), ou abordagem “berço – túmulo”, é um instrumento de análise que permite identificar e avaliar os impactos do produto no meio ambiente ao longo do seu ciclo de vida (incluindo a extração de matérias-primas, processamento dos materiais, produção, transporte, uso e descarte no meio após o uso) e de como mudanças no design do produto ou nos processos de produção podem alterar estes impactos. “A avaliação do ciclo de vida do produto permite levantar as consequências do design de produtos sobre meio ambiente, a economia e a sociedade” (EPA, 1994b).

Figura 12: Os elementos do ciclo de vida do produto

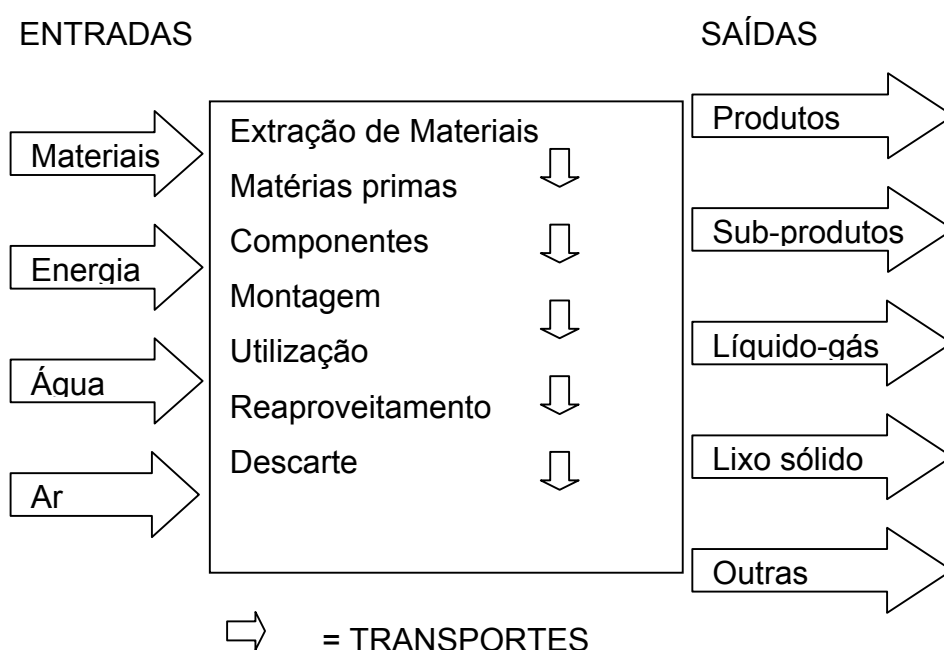


A utilização da avaliação do ciclo de vida do produto na atividade de projeto visa garantir que os impactos ambientais – em cada uma das fases do seu ciclo de vida – serão descobertos e reduzidos e não simplesmente transferidos para outros lugares (EPA,1994b). Por exemplo: a substituição de um material por outro mais leve pode reduzir o peso do produto e assim ajudar a economizar

combustível no seu transporte, mas esse benefício pode ser nulo se a produção deste material aumentar as emissões tóxicas.

Os impactos ambientais dos produtos são determinados pelas entradas e saídas que estes geram durante o seu ciclo de vida. As entradas podem ser de materiais e/ou de energia; as saídas podem ser emissões no ar, na água ou a geração de resíduos sólidos. Existem ainda outras liberações que podem ocorrer, tais como: ruído, vibração, radiação, odor, e calor, durante a utilização, manufatura, transporte ou descarte do produto.

Figura 13: Entradas e Saídas do ciclo de vida do produto



Fonte: (adaptado) Graedel e Allenby (1995).

A identificação das entradas e saídas do produto ao longo do seu ciclo de vida é parte obrigatória de uma ACV.

A norma ISO 14040, orientada para a qualidade ambiental de produtos, estabelece as principais etapas de uma análise do ciclo de vida do produto que são: “definição dos objetivos e do escopo do trabalho, uma análise do

inventário, uma avaliação de impacto e a interpretação dos resultados”, Chehebe (1998, p. 21).

- **Objetivo e escopo:** Define propósitos, que materiais, processos e produtos serão considerados e qual a abrangência e limites do estudo.
- **Análise do inventário:** Consiste em seguir os materiais utilizados no produto através do seu ciclo de vida determinando e quantificando entradas, tais como: o uso de materiais naturais, consumo de energia, bem como, as saídas do produto para o meio ambiente.
- **Avaliação dos impactos:** Análise das conseqüências e da importância das entradas e saídas do produto sobre a saúde do meio ambiente, a saúde humana e sobre os recursos naturais. Esta fase é caracterizada pela inclusão de valores nos dados obtidos pelo inventário.
- **Interpretação da análise:** Avaliação sistemática das oportunidades de redução dos impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida. Permite identificar, determinar e relatar as opções que têm maior potencial de reduzir o impacto ambiental do sistema no qual se insere o produto. Os resultados dessa fase podem assumir a forma de conclusões e recomendações.

No inventário são incluídos os dados selecionados no objetivo e escopo da análise. Esses dados se referem às entradas e saídas de materiais, e energia

durante o ciclo de vida do produto, do “berço ao túmulo”. Existem três critérios para a seleção das variáveis do inventário, que são:

- Balanço de massa – inclui todas as variáveis (entradas) que representem um certo percentual da massa total que entra no ciclo de vida do produto;
- Balanço energético - inclui todas as variáveis (entradas) que representem um certo percentual da energia total consumida durante o ciclo de vida do produto;
- Importância para o meio ambiente – estabelece comparações de impactos ambientais entre as variáveis que compõem o ciclo de vida do produto.

Segundo Chehebe (1998, p. 46), entre esses critérios, o balanço de massa é o mais utilizado. Entretanto, como comparar o impacto ambiental de 100 kg de dióxido de carbono com um décimo de grama de mercúrio? Assim, a utilização de apenas este critério poderia levar a omissão de variáveis importantes. Por esse motivo a ISO 14041 estabelece, para o caso de declarações comparativas feitas para o público, o uso dos três critérios, citados anteriormente, para a seleção das variáveis da análise.

A ACV não deve ser usada para justificar a “validade ambiental” de produtos, já que a maioria dos estudos é composta de inventários que, na maioria das vezes, são baseados no “menos é melhor”, ou seja, na redução do uso de energia e materiais bem como na redução de resíduos durante o ciclo de vida do produto e de lixo no seu descarte. Essa abordagem não distingue as diferenças de impacto ambiental que existem entre os tipos de redução. Assim,

dependendo da ênfase num ou noutro aspecto ambiental qualquer posição pode ser sustentada, por exemplo, se o consumo de água for enfatizado, o plástico é melhor que o papel, se a ênfase for poupar recursos naturais não renováveis como o petróleo, o papel pode ser melhor que o plástico dependendo do tipo da aplicação.

Comparar a importância de impactos ambientais devidos ao uso da energia também tem dificuldades. A energia consumida durante o ciclo de vida do produto pode vir de diferentes fontes dependendo da matriz energética do país onde o produto é utilizado. Em alguns países predomina o uso da energia elétrica gerada por reatores nucleares, em outros ela é gerada por usinas termoeletricas movidas a carvão, no Brasil predomina o uso da energia fornecida pelas usinas hidroelétricas. Assim, uma análise do ciclo de vida de um produto utilizado na Alemanha pode ter resultados bem diferentes de uma análise para o mesmo produto a ser utilizado no Brasil.

A ACV é uma ferramenta útil, pois permite uma visão panorâmica dos relacionamentos dos produtos com o meio ambiente, porém é uma metodologia complexa e custosa que carece de desenvolvimentos para permitir comparar as qualidades ambientais de produtos.

Os resultados de uma ACV podem ser difíceis de interpretar. Algumas ACV apresentam a contribuição do produto para o efeito estufa, acidificação e outros problemas ambientais, mas não apresentam a importância relativa de cada uma dessas contribuições.

Por outro lado, um levantamento cuidadoso de todos os impactos ambientais do produto pode consumir muito tempo. Assim esse tipo de

levantamento dificilmente poderia ser feito durante a atividade de projeto que normalmente tem exigências severas quanto aos prazos.

Pesquisas estão sendo desenvolvidas por Instituições governamentais, Universidades e empresas, para aumentar a confiabilidade e reduzir custos das avaliações do ciclo de vida do produto. Estão surgindo também métodos qualitativos e quantitativos para reduzir a complexidade das ACVs.

5.1.1 Análise quantitativa

Entre as opções de análise do ciclo de vida do produto, baseadas em dados quantitativos, existem programas de computador criados para facilitar essas análises. Segundo Sweatman (1996), o SimaPro 4 é um desses programas que permitem a elaboração de análises de baixo custo e que são mais direcionados para designers. Baseado nas quantidades de materiais, energia e processos de fabricação empregados no ciclo de vida do produto o programa fornece e quantifica a contribuição do produto no efeito estufa, chuva ácida, redução da camada de ozônio na estratosfera, poluição do ar, do solo e da água.

Um método ainda mais simples, de fácil interpretação dos resultados da análise e que oferece respostas ainda mais diretas é o *Eco-indicator* 99 desenvolvido na Holanda pela PRé. Esse método permite a avaliação da performance ambiental de um produto em relação aos principais problemas ambientais citados no início deste trabalho.

O *Eco-indicator* é um número que expressa a carga ambiental de um material ou processo. Ele é composto por um conjunto de indicadores que levam em conta o impacto ambiental de cada material ou processo sobre a

saúde humana, sobre a qualidade dos ecossistemas e sobre os recursos naturais. Para calcular os impactos ambientais de um produto ao longo do seu ciclo de vida basta identificar as quantidades de materiais, energia ou processos que entram ou que saem no produto em cada uma das suas fases e multiplicar essas quantidades pelos indicadores correspondentes. Os valores obtidos permitem comparar os impactos ambientais do produto em cada uma das suas fases e identificar onde acontecem os impactos mais significativos.

A tabela a seguir apresenta um exemplo do uso de eco-indicadores para a análise do ciclo de vida de uma cafeteira elétrica residencial e a quantificação dos impactos ambientais decorrentes da sua produção, uso e descarte.

Tabela 3: Análise do ciclo de vida de uma cafeteira elétrica, baseada no *eco-indicator*.

Produção: materiais, tratamentos, transportes e energia extra			
Material ou processo	quantidade	<i>indicator</i>	resultado
Poliestireno	1kg	360	360
Injeção no molde PS	1kg	21	21
Alumínio	0,1kg	780	78
Extrusão AL	0,1kg	72	7
Aço	0,3kg	86	26
Vidro	0,4kg	58	23
Gás queimado (moldagem)	4 MJ	5,3	21
Total			536
Uso: transporte, energia e materiais auxiliares			
Processo	Quantidade	<i>Indicador</i>	resultado
Energia elétrica	375 Kwh	37	13875
Papel	7,3 kg	96	701
Total			14576

Descarte: processo de descarte para cada tipo de material			
Material e tipo de processo	Quantidade	<i>Indicador</i>	resultado
Lixo municipal, PS	1 kg	2	2
Lixo municipal, ferrosos (grande parte é reciclada)	0,4kg	-5,9	-2,4
Lixo doméstico, vidro (52% é reciclado)	0,4kg	-6,9	-2,8
Lixo municipal, papel	7,3kg	0,71	5,2
Total			2
TOTAL (Todas as fases do ciclo de vida do produto)			15114

Observações:

1. No exemplo considera-se que a cafeteira é usada duas vezes por dia, cinco copos cada vez, durante cinco anos;
2. O reaproveitamento de materiais reduz a pressão sobre os recursos naturais e pode resultar em indicador negativo;
3. No final da vida útil a cafeteira, na maioria das vezes, é lançada ao lixo municipal, o vidro tem maiores chances de ser separado pelo usuário e encaminhado para a reciclagem.

Fonte: Goedkoop, (2000).

Na análise de ciclo de vida da cafeteira os valores apresentados demonstram que a fase de utilização é a que apresenta o maior impacto. O mais importante nessa avaliação, não são os valores absolutos, mas sim, a comparação das diferenças entre eles. Os eco-indicadores utilizados na análise são baseados nos impactos ambientais dos processos de produção, geração de energia e descarte (ou reaproveitamento) utilizados na Europa. Um resultado igual a um milhão equivale a carga ambiental de um europeu médio durante um ano.

Os eco-indicadores dos principais materiais e processos e a metodologia para a obtenção deles estão disponíveis na página da PRé Consultants na

internet no endereço www.pre.nl . O uso dos eco-indicadores na análise de ciclo de vida de um produto fabricado e utilizado no Brasil exige a verificação dos processos nos quais foram baseados esses indicadores e se esses processos são os mesmos adotados aqui.

5.1.2 Análise qualitativa

Graedel e Allenby (1995) propõem um sistema de avaliação mais qualitativa que quantitativa, através de uma matriz com um total de 25 elementos. No eixo vertical aparecem os estágios do ciclo de vida do produto. No eixo horizontal aparecem os aspectos ambientais envolvidos em cada fase do ciclo.

Cada elemento da matriz recebe uma nota de zero (o mais alto impacto ambiental) até quatro (o menor impacto ambiental). Como são 25 elementos a soma de todas as notas poderia atingir no máximo a nota 100 o que indicaria um produto sem impactos sobre o meio ambiente.

Tabela 4: Matriz para ACV simplificada (Os números designam os elementos da matriz).

Estágio do Ciclo de vida do produto	Aspectos Ambientais				
	Consumo- materiais	Consumo- energia	Resíduos sólidos	Resíduos líquidos	Resíduos gasosos
Extração	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Manufatura	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Embalagem	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
Uso	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
Recic./descarte	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5

Fonte: Graedel e Allenby (1995).

A matriz proposta por Graedel não inclui aspectos ambientais relativos à distribuição ou ao transporte do produto. Entretanto, a matriz pode ser facilmente adaptada para a inclusão desses aspectos.

A matriz MET (Materiais, Energia e Tóxicos), proposta pelo Programa Ambiental das Nações Unidas em UNEP (1997, p. 73), permite uma análise ainda mais qualitativa. Para simplificar a análise, os aspectos ambientais são agrupados em três áreas principais que são: materiais (entradas e saídas), energia (entradas e saídas), e emissões tóxicas (saídas).

Na matriz MET o ciclo de vida do produto é dividido em cinco fases que são: extração e produção de materiais, fabricação, distribuição, utilização e fim da vida do produto. Na matriz, a distribuição aparece apenas uma vez, representando todas as fases de distribuição ao longo do ciclo de vida do produto.

A matriz apresenta três colunas que são:

- Coluna dos materiais – onde são especificados os problemas ambientais causados pelas entradas e saídas dos materiais durante o ciclo de vida do produto;
- Coluna da energia – na qual são incluídas todas as entradas e saídas decorrentes do consumo de energia pelo produto durante a produção, utilização, transporte, reaproveitamento ou descarte;
- Coluna das emissões tóxicas – essa coluna é destinada a identificação de emissões tóxicas para o ar, terra ou água causadas pelo produto.

Tabela 5: Matriz MET aplicada à uma máquina (profissional) de fazer café

		Materiais	Energia	Emissões
Extração e produção de materiais		<ul style="list-style-type: none"> • Cobre (material não renovável) • Zinco (material não renovável) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto conteúdo de energia dos materiais 	<ul style="list-style-type: none"> • Retardantes de fogo nos circuitos • Líquidos para facilitar a injeção • Benzeno • Isocianato • Emissões na pintura e na colagem
Fabricação		<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos metálicos • Resíduos plásticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Energia do processo 	
Distribuição				
Utilização	operação	<ul style="list-style-type: none"> • Copos plásticos (1472 kg)* • Filtro de papel (90kg)* • café usado (2944 kg)* • Colheres plásticas (110 kg)* • Materiais de limpeza • Água poluída(4160 l) • Filtros de água (20)* 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso ineficiente da energia pelo aquecedor • Transporte da energia 	•
	reparação	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilidade das peças 	<ul style="list-style-type: none"> • transporte até a assistência técnica 	•
Fim da vida	Reaproveitamento	<ul style="list-style-type: none"> • Sem reuso para peças valiosas tais como o aquecedor • Descarte da cafeteira (37kg) • Sem reciclagem para os plásticos • Placas impressas (0,5 kg) 		•
	descarte			<ul style="list-style-type: none"> • Circuito impresso (0,5) • Cobre • zinco

Observação: As quantidades de materiais, energia e emissões são calculadas para o consumo de 4 copos diários multiplicados por 40 pessoas, durante 10 anos.

Fonte: adaptado – MET Matriz (Material cycle, Energy use, and Toxic emissions) – (UNEP, 1997, p.73)

Através da matriz MET é possível identificar rapidamente os principais impactos ambientais de um produto, o que é muito útil durante a geração ou seleção de alternativas. Na tabela anterior é fácil identificar a fase de uso da cafeteira profissional, como a fase que apresenta os maiores impactos ambientais.

5.1.3 Outras maneiras de identificação da fase de maior impacto

A identificação da fase do ciclo de vida do produto em que os impactos ambientais são maiores pode ser feita também analisando a classe de produto e impactos esperados.

Produtos, tais como os móveis, não apresentam impactos ambientais significativos durante a sua vida útil. Neste caso, a maior parte dos impactos ambientais, vem da sua produção ou da extração de matérias-primas podendo apresentar ainda maiores ou menores impactos ambientais no seu descarte.

Outros produtos apresentam os maiores impactos ambientais no final da sua vida útil, ou seja, no descarte, como acontece no caso das embalagens.

Em geral, os produtos que necessitam de materiais ou de energia para o seu funcionamento apresentam maiores impactos durante a sua utilização. Por exemplo: automóveis e eletrodomésticos.

Existem ainda produtos que apresentam impactos ambientais distribuídos ao longo das fases do seu ciclo de vida. Computadores causam grandes impactos ambientais na fase de fabricação devido ao uso de solventes e metais pesados na produção dos componentes internos, causam impactos na fase de utilização devido ao consumo da energia e finalmente, impactos no seu

descarte devido ao volume que ocupam nos depósitos de lixo tecnológico, nos países mais ricos.

5.2 Redução de impactos ambientais durante o uso do produto.

Os impactos ambientais associados ao uso dos produtos são, muitas vezes, desprezados. Esses impactos acontecem ao longo do tempo e podem ser insignificantes no dia-a-dia, mas quando se contabiliza toda a vida útil de um produto pode-se constatar que eles são significativos, em alguns casos.

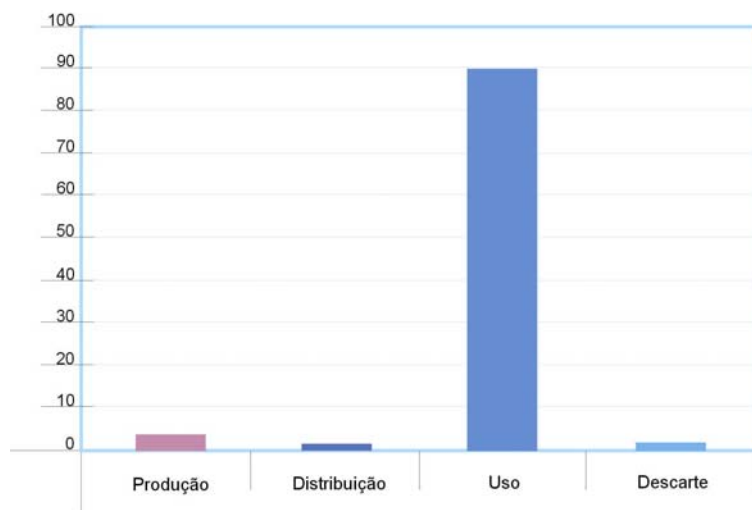
As duas avaliações de cafeteiras (tabelas 3 e 5) demonstram que os maiores impactos ambientais dos dois modelos acontecem na fase de utilização. Nas condições estabelecidas para análise (quantidade de café/dia), a cafeteira residencial apresentou 96% de impactos durante os cinco anos de utilização contra menos de 4% de impactos na produção. Na matriz MET, também apresentada anteriormente, a cafeteira de uso profissional participou no consumo e geração de quase cinco toneladas de resíduos durante os dez anos de utilização contra os 37 kg de materiais incorporados no produto.

No exemplo acima, a simples redução de impactos ambientais na fase de produção não resultaria, necessariamente, em reduções significativas de impactos ambientais, quando se considera o ciclo de vida do produto total. O mais interessante para o meio ambiente nesse caso é descobrir como reduzir ou eliminar o uso de energia elétrica e/ou uso de filtros de papel, ou ainda, como criar novos sistemas de fazer café.

Um outro produto, a máquina de lavar roupas, causa 90% dos impactos ambientais durante o uso, (veja figura 14). Assim, também neste caso, a

utilização de estratégias para melhorar a performance ambiental durante o uso é a ação que apresenta mais chances de apresentar resultados significativos.

Figura 14: Gráfico com percentual de impactos ambientais de cada fase do ciclo de vida da máquina de lavar roupas em relação aos seus impactos totais



Fonte: Bural (1996)

Manzini (1997) sugere que o uso compartilhado de um produto pode contribuir para a redução de impactos ambientais no uso, mas essa alternativa deve ser vista com cuidado. No caso das máquinas de lavar roupa, o uso compartilhado contribui para reduzir o número de máquinas que devem ser fabricadas, mas não é na fabricação que ocorrem os maiores impactos ambientais desse produto e sim no uso ou na lavagem de roupas. O que se observa quando o uso dessas máquinas é compartilhado é que um usuário que necessite lavar 2 kg de roupas por semana acaba tendo que usar a mesma máquina das pessoas que necessitam lavar 6kg e assim, usando uma máquina preparada para lavar 6kg, esse usuário utiliza mais que três vezes a quantidade de água, sabão e energia que o necessário. Isso reforça a

necessidade de se focalizar a fase do ciclo de vida do produto em que ocorrem os impactos ambientais mais significativos (neste caso, a fase de utilização), desenvolvendo produtos que atendam às necessidades específicas de cada grupo de usuários, evitando a subutilização e desperdícios desnecessários.

O usuário pode contribuir para reduzir os impactos ambientais causados por produtos durante o uso. A correta utilização do produto pode contribuir para minimizar o impacto ambiental dele. Por exemplo: se o usuário faz a máquina de lavar roupas trabalhar com a carga recomendada e com a quantidade correta de sabão e de amaciante, estará contribuindo para diminuir o consumo de energia elétrica, o consumo de água e de materiais de limpeza e também estará reduzindo as emissões para o meio (a água utilizada e o sabão/amaciante).

Mas a responsabilidade do usuário não diminui a responsabilidade dos fabricantes: o fabricante deve utilizar os recursos da comunicação para informar de maneira clara ao usuário a melhor maneira de utilizar o produto extraindo deste o melhor desempenho ambiental possível. Isso pode ser feito utilizando os recursos do design gráfico para informar tanto no produto através de pictogramas e outros dispositivos de informação, quanto na elaboração de manuais claros e de fácil compreensão.

Considerando que a maior parte da performance ambiental do produto é definida durante o processo de projeto é importante escolher, ou desenvolver, nesta fase, o sistema técnico de melhor performance. Por exemplo: Em uma avaliação comparativa de máquinas de lavar roupas de diferentes marcas constatou-se que a melhor máquina consome a metade da água e da energia

em relação a pior. Os desperdícios de detergente podem ser 30 vezes maiores na pior máquina em função do sistema de lavagem utilizado. Isso tudo evidencia a importância de se considerar a redução de impactos ambientais de um produto durante o processo de projeto e de se levar em conta em qual fase do ciclo de vida do produto estão os maiores impactos (Bural, 1996).

5.2.1 Razões para se preocupar com a performance ambiental durante o uso

As pressões da população e dos governos, bem como, a evolução das leis de proteção ao meio ambiente fazem com que a responsabilidade dos fabricantes se estenda sobre todo o ciclo de vida do produto.

Produtos com melhor performance ambiental são, em geral, mais econômicos no uso de energia e de materiais e isso constitui um excelente argumento de vendas para as pessoas conscientes do custo desses itens ao longo da sua vida útil.

O surgimento de esquemas de certificação ecológica para produtos mais eficientes no uso de energia evidencia as vantagens desses produtos para as pessoas e coloca as empresas que investem em melhorias de performance ambiental durante o uso em vantagem no mercado.

5.3 Redução de impactos ambientais na extração de materiais

A exploração descontrolada de recursos naturais tem sido uma das maiores ameaças para o meio ambiente do planeta. Essas ameaças advêm de impactos ambientais na extração de alguns materiais que trazem como

consequências a contaminação do solo e da água, a extinção de recursos naturais, a destruição de patrimônio genético, alterações na paisagem, etc.

A seleção dos materiais que serão utilizados no produto deve levar em conta os impactos ambientais da extração das matérias-primas sempre que esses impactos forem significativos nessa fase. Materiais vindos de fontes não renováveis, em processo de extinção ou que apresentam grandes impactos ambientais na fase de extração devem ser candidatos à substituição.

A identificação das fontes utilizadas pelos fornecedores também é importante. Embora a madeira seja uma matéria-prima renovável, essa renovação nem sempre acontece de fato. A madeira pode vir de áreas de reflorestamento ou de manejo sustentado, mas muitas vezes vem de áreas que são desmatadas sem nenhum critério.

A principal recomendação para projetistas no caso da madeira é: verifique quais são as madeiras existentes no mercado que não estão em processo de extinção e que são abundantes. Prefira madeiras vindas de áreas de manejo sustentado, (ver rotulagem ecológica), ou de áreas de reflorestamento.

5.3.1 Recomendações gerais para a redução de impactos ambientais devidos à extração de materiais

- Usar estratégias de projeto para a redução da quantidade de materiais e energia no produto e no processo (ver capítulo 4);
- Especificar materiais vindos de fornecedores que comprovadamente estejam comprometidos com a redução de impactos ambientais da extração das matérias-primas.

- No caso de bens de consumo duráveis, buscar estratégias para aumentar a vida útil do produto, ou dos materiais nele incorporados, para reduzir a pressão sobre a extração de matérias-primas.

5.4 A redução de impactos ambientais na fase de produção

A redução de impactos ambientais de produtos na fase de produção exige atuações sobre o produto e processos de fabricação. Considera-se como um produto tudo que é vendido ou fornecido aos clientes pelas empresas. Já processos de fabricação são as técnicas empregadas para a produção dos produtos.

Produtos e processos exigem a ação de profissionais das áreas de Design Industrial e Engenharia de Produção, as quais devem atuar em conjunto para que a redução de impactos ambientais dos produtos seja possível.

Processos de fabricação implicam em fluxos de sólidos, líquidos, gases e energia, exigindo investimento em maquinário, equipamentos e instalações industriais. Uma vez implantado o processo é difícil muda-lo.

Numa situação ideal, o processo e o produto são introduzidos juntos. Mas o que acontece com mais frequência é o desenvolvimento de um produto para aproveitar instalações industriais e processos produtivos já existentes.

Produtos são alterados com mais facilidade que os processos de fabricação. O design de produtos é mais flexível, pois as alterações nos produtos podem ser feitas sem que se altere o processo de fabricação e as máquinas utilizadas dentro dele. Em adição, o design do produto é geralmente feito pela empresa sob consideração, o que nem sempre acontece com os

equipamentos e processos produtivos (Graedel e Allenby, 1995, p. 184). Assim, em geral, os produtos oferecem maiores oportunidades de redução de impactos ambientais que os processos.

5.4.1 Recomendações gerais para a redução de impactos ambientais na fase de produção

As principais recomendações para redução dos impactos ambientais dos produtos na produção são escolher materiais e processos menos danosos ao meio ambiente ou reduzir o uso deles e estabelecer controles de processo adequados.

5.4.1.1 Redução do uso de materiais na produção:

A redução do uso de materiais pode reduzir o lixo e os impactos ambientais associados a ele.

Um produto com menos material acaba sendo, geralmente, um produto mais leve e que demanda menos energia para o transporte e distribuição. Porém, um produto mais leve também pode ser menos durável (o que exige a sua reposição prematura e que resulta em um aumento sobre a demanda de materiais). Então, as consequências da redução do uso de materiais devem ser consideradas, tendo em vista todo o ciclo de vida do produto, evitando assim, que impactos ambientais da fase de produção sejam simplesmente transferidos para outras fases da vida útil do produto.

Manter ou aumentar a resistência do produto reduzindo a quantidade de materiais aplicados, é um desafio para os profissionais responsáveis pelo

projeto. A seguir, são citadas algumas das ações no projeto que podem contribuir nesse sentido:

- Utilização de nervuras, reforços, furos, sub montagens, bordas para diminuir espessura;
- Preferir muitas bordas pequenas a poucas bordas largas;
- Usar protuberâncias para estruturar o produto;

A própria natureza pode ser uma fonte de inspiração para a minimização de materiais nos produtos e processos, pois ela sempre utiliza a menor quantidade de matéria e de energia para obter o máximo em desempenho. A compreensão dos meios pela natureza utilizados para obter esse efeito fornece base para o desenvolvimento de produtos que aproveitem melhor as características dos materiais e processos existentes (Ramos, 1993).

Pesquisas têm sido feitas para descobrir como uma aranha é capaz de construir sua teia à prova de água e mais resistente que o aço usando como matéria-prima os insetos (sem necessitar de combustíveis fósseis!), ou ainda, como o caracol constrói sua casa a partir de nutrientes extraídos da água do mar. O dia que o homem for capaz de produzir materiais semelhantes ao aço ou a cerâmica sem poluir o meio ambiente, só terá a ganhar (Hershkowitz, 1999).

5.4.1.2 Escolha de Processos

Para reduzir impactos ambientais do processo, os principais passos são: a escolha de processos, tecnologias e equipamentos que apresentem o menor impacto ambiental e o gerenciamento dos fluxos de materiais de tal forma que: “cada molécula que entra no processo de manufatura deve deixá-lo como parte

de um produto vendável” (Graedel e Allenby, 1995, p. 186). Também neste caso, o ciclo completo da vida do produto deve ser considerado, evitando-se de transferir impactos de uma fase para outra.

Nem sempre o designer tem a oportunidade de interferir nas técnicas de produção. Mas, sempre que possível, deve escolher processos “mais limpos” que não requerem substâncias danosas ao meio ambiente, por exemplo: substituindo o CFC na limpeza de peças e componentes, evitando branqueadores a base de cloro, substituindo solda por curvamento ou encaixe, escolhendo processos mais eficientes no uso de materiais, tais como pintura a pó no lugar de pintura pulverizada (UNEP, 1997).

A otimização dos processos de produção passa pela redução dos passos para a produção, uso de fontes de energia menos poluentes, redução de resíduos na produção e também pelo envolvimento dos fornecedores com esses objetivos.

A melhoria dos aspectos ambientais da produção faz parte dos sistemas de gerenciamento ambiental propostos pelas séries ISO 14.000 e que muitas empresas passam não apenas a adotar, mas também a exigir dos seus fornecedores.

5.4.1.3 Substituição de materiais

A substituição de materiais pode ser necessária para melhorar a performance ambiental do produto. Muitas vezes, esse tipo de substituição pode ser feito sem aumentar o custo e sem piorar o desempenho do produto e pode ser realizada através de ações tais como:

- Reduzir a diversidade de materiais no produto facilitando a reciclagem;
- Utilizar materiais vindos de fontes renováveis ou que existam em abundância;
- Reduzir peso. Por exemplo: a substituição do aço pelo plástico ajudou a reduzir o peso dos automóveis;
- Evitar o uso de produtos químicos tóxicos no produto ou no processo. Por exemplo: Devem ser investigadas as alternativas para produtos e/ou processos que contenham cloro como acontece na produção do papel;
- O processamento deve considerar os resíduos da produção, o ideal é que o resíduo de um processo seja utilizado como matéria-prima em outro.

Graedel e Allenby (1995) apresentam uma lista para facilitar a seleção de materiais na atividade de projeto de produtos e na seleção de processos de fabricação.

Suprimentos amplos, pouco tóxicos, recicláveis:

{*Br não volátil}

- Alumínio
- Bromo*
- Carbono
- Ferro
- Hidrogênio
- Manganês
- Nitrogênio
- Oxigênio
- Enxofre
- Silício
- Tálho

Evitar:

Esgotamento próximo ou tóxicos

- Prata
- Arsênio
- Ouro
- Cádmio
- Cromo
- Mercúrio
- Níquel
- Chumbo
- Petróleo

Podem ter limitações em breve, porém podem ser usados controlando-se os riscos de seu uso

- Cobre,
- Níquel
- Zinco

5.4.2 Controle do Processo:

Processos bem planejados podem contribuir para prevenir a poluição e preservar recursos naturais. O processo de fabricação pode gerar um grande volume de lixo quando o produto não atende às especificações. A fixação de tolerâncias muito reduzidas, sem que haja necessidade disso, aumenta o número de refugos e os impactos ambientais decorrentes. O controle adequado do processo também contribui para evitar os refugos. Outras ações menos complexas também ajudam a reduzir impactos ambientais. A instalação de dispositivos de controle que desligam equipamentos que não estão em uso é um dos métodos simples que além de reduzir custos, reduzem os impactos ambientais EPA (1994b).

5.4.3 Outras recomendações

- Escolher material abundante, não tóxico, não regulado.
- Preferir materiais naturais aos sintéticos;

- Minimizar o consumo de materiais, processos e serviços;
- Preferir materiais, tanto no produto quanto no processo, que sejam recicláveis ou reciclados.

5.5 O descarte dos produtos

Os impactos ambientais no descarte dos produtos também podem ser previstos durante o projeto e minimizados através da adoção de estratégias adequadas. Em princípio, o descarte dos produtos ou dos materiais que o compõem deve ser evitado. “A melhor forma de tratar o problema do lixo é produzir menos lixo. Esta é uma área na qual os designers têm um papel crucial a desempenhar e na qual um bom design pode realmente fazer diferença” Mackenzie (1997 p.32).

Nos casos onde não é possível evitar a produção de lixo, o planejamento adequado do produto deve prever a correta disposição dos materiais ou a incineração segura deles.

Itens de curta vida útil, como embalagens, têm grande participação na composição do lixo urbano. O plástico e o papel são os principais materiais usados na produção de embalagens. Mais de um terço dos plásticos são usados em embalagens ou itens de conveniência, que uma vez usados, são descartados (Whiteley, 1993).

Os fabricantes de embalagens têm procurado enfatizar, para os usuários, a reciclabilidade de seus produtos. Entretanto, apenas uma parcela dos materiais das embalagens recicláveis é reciclada de fato. No Brasil, apenas 15% do plástico é reciclado (CEMPRE, 2.000).

As embalagens têm diversas funções. Ao garantir que o produto chegue ao comprador final em boas condições, ela ajuda a diminuir os desperdícios de produtos ou materiais durante a distribuição e estoque. Além disso, ela ajuda a assegurar a higiene e a segurança dos produtos. Facilita o transporte e a estocagem. Ajuda as pessoas a identificarem e escolherem os produtos na loja, o que é um assunto importante nos grandes estabelecimentos comerciais com sua grande variedade de produtos. Finalmente, é um importante meio de comunicação, entre produtor e usuário, que pode transmitir informações importantes, bem como, instruções de uso.

No Brasil, o percentual elevado de lixo orgânico na composição do lixo urbano, pode ser explicado pela precariedade ou ausência de embalagens ou dispositivos para a proteção de alimentos tais como: frutas e verduras. Para o superintendente da APAS (Associação Paulista de Supermercados), frutas como uva e banana contabilizam perdas de, respectivamente, 30% e 50% durante o transporte, devido à má embalagem, (ABRE, 2000).

Como no Brasil, as frutas são relativamente baratas, uma boa embalagem pode custar mais que o produto e assim são utilizadas embalagens precárias apesar dos desperdícios decorrentes de tal prática. Entretanto, idéias simples e baratas podem proporcionar reduções de desperdícios e ganhos na qualidade e apresentação dos produtos, além de contribuírem para a redução do lixo orgânico. O pequeno “cabide” para bananas, mostrado na figura 15, garante a integridade da fruta na fase de comercialização. Esse exemplo ilustra a importância de se considerar em um projeto, não apenas o produto em si, mas

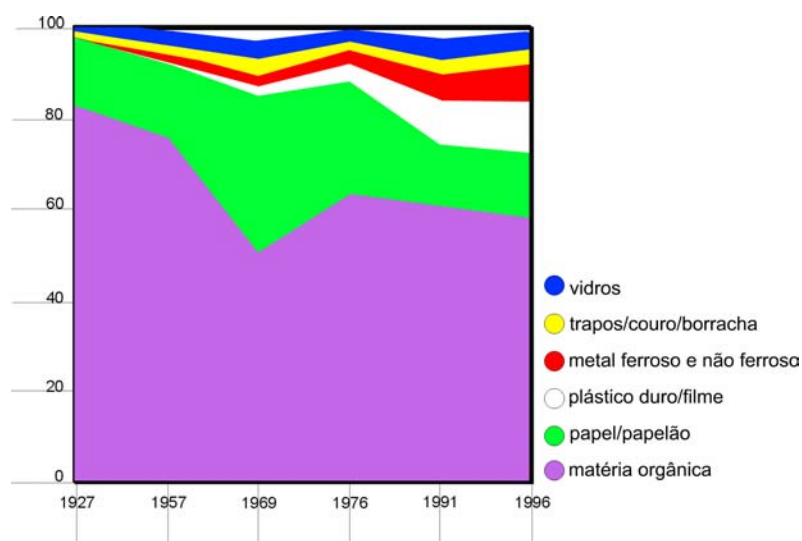
também o sistema no qual ele se insere (no caso do “cabide” o sistema de distribuição e exposição nos supermercados).

Figura 15: Cabide para bananas



A figura 16 demonstra que, depois do material orgânico, o papel e o plástico são os materiais presentes em maior quantidade na composição do lixo de São Paulo. O papel vem apresentando um decréscimo em função da coleta seletiva feita pelos “catadores de papel”. Já o plástico, vem aumentando a sua presença na composição do lixo paulista pelas dificuldades existentes para a sua reciclagem.

Figura 16: Composição do lixo paulista



Fonte: Limpurb 1999

5.5.1 O plástico

Sendo o plástico um derivado de petróleo, deve-se levar em conta que é um recurso finito e esta é uma das razões para a oposição ao uso deste material feita por muitos ambientalistas. Entretanto, com base em dados da Abiquim (2000), pode-se dizer que apenas 4% do petróleo é transformado em plástico. A maior parte é utilizada para uma finalidade bem menos nobre que é a queima para geração de calor ou para movimentar veículos através dos motores à combustão.

Entre a extração e o refino do petróleo para a sua subsequente transformação em plástico, podem acontecer maiores ou menores impactos ambientais, principalmente em caso de acidentes como derramamento ou vazamentos.

A produção de alguns plásticos gera emissões potencialmente perigosas para a vida no planeta, como é o caso das embalagens em poliestireno expandido, em cujo processo de produção são usados gases da família dos CFCs que contribuem para a destruição da camada de ozônio.

Uma das grandes vantagens do uso do plástico nos produtos está na sua durabilidade e estabilidade. Essas vantagens se tornam uma grande desvantagem após o final da vida útil, pois o plástico não se dissipa com facilidade e se acumula nos aterros sanitários das grandes cidades. Sendo um material cujo uso é recente, existem apenas estimativas quanto sua durabilidade que é calculada em centenas de anos, dependendo do tipo de plástico.

As principais estratégias para a minimização de impactos ambientais dos plásticos são a redução da quantidade de materiais, o reuso ou a reciclagem. Por reuso pode-se entender o reaproveitamento do produto ou de partes dele para a mesma função ou para outras funções sem que seja necessária a fundição do material e remoldagem.

A redução da quantidade de materiais plásticos necessários para a formação de um produto pode ser alcançada através do estudo de configurações de produto que aumentem a resistência dele permitindo a redução da espessura da parede do produto. No caso de embalagens, o projeto de embalagens que possam ser reenchidas com o uso de sistemas de refil também ajuda a reduzir o volume de materiais descartados. A utilização de matéria-prima reciclada é outra maneira de reduzir a pressão sobre a matéria-prima virgem e diminuir a geração de lixo.

A opção pelo reuso do produto na mesma função poupa a energia necessária para fundir o material de novo. No caso de uma garrafa de refrigerante, se ela retorna ao fabricante após o descarte, ela pode ser reenchida e voltar a ser usada poupando a matéria-prima e energia necessárias para a produção de uma nova embalagem. Porém, no caso das garrafas, existem outros custos ambientais para o reuso delas: em primeiro lugar, as garrafas devem ser transportadas do local de coleta até a indústria e existem custos ambientais decorrentes do transporte. Por outro lado, a indústria não tem como saber se a garrafa foi usada para outras finalidades ou não, por exemplo: armazenar produtos tóxicos. Para fazer uma limpeza que garanta a segurança do usuário, devem ser utilizados: água em grande

quantidade, bem como, detergentes e outros produtos químicos que também causam impactos. Assim, são necessárias avaliações de impactos ambientais para cada uma das opções antes de escolher a melhor estratégia.

O reuso do plástico das garrafas PET em outras aplicações tem sido feito na produção de cordas, enchimento para edredons e casacos. O problema dessa e de outras formas de reuso é a demanda que na maioria das vezes é inferior a oferta do material, ou seja, a maior parte continua não sendo aproveitada.

A outra forma de reaproveitamento dos plásticos, a reciclagem, implica na fundição do material para que possa ser moldado novamente. Esse processo depende da separação dos diferentes tipos de plástico, pois existem misturas que são incompatíveis. A separação é bastante complicada, pois a identificação dos diferentes tipos de plástico é tarefa para especialistas. A solução, neste caso, está na adoção de sistemas de identificação para facilitar essa tarefa.

Com todas as dificuldades anteriores, a reciclagem dos plásticos ainda depende do desenvolvimento de materiais que possam ser reciclados várias vezes. Uma tentativa de superar essas limitações está no aproveitamento dos plásticos de produtos de uso rápido, como é o caso das embalagens, para transformá-los em produtos de utilização permanente. Assim, esses plásticos têm sido utilizados para a produção de bancos de jardim e até mesmo para serem misturados na pavimentação de vias públicas. Essas utilizações são uma solução bem melhor que o lançamento desse material em aterros sanitários.

Uma outra opção de reaproveitamento de plásticos é a queima como combustível para a geração de energia. Os defensores dessa opção dizem que é o mesmo que queimar petróleo com a mesma finalidade. Porém, muitos plásticos emitem substâncias tóxicas do grupo das dioxinas, quando queimados sendo que estas são classificadas entre “as substâncias mais tóxicas que se tem conhecimento” Mackenzie (1997, p.31).

A partir da década 80 têm sido desenvolvidos plásticos degradáveis. Esses plásticos degradam com a ação da luz ou de catalisadores. Segundo Whiteley, (1993, p.73) esses plásticos deixam resíduos microscópicos que podem danificar a qualidade da terra e da vida animal. A luz dificilmente incide sobre esses materiais quando empilhados e compactados em um aterro. Para piorar, se esses plásticos são misturados com plásticos destinados ao processo de reciclagem, eles contaminam a mistura impedindo o seu reaproveitamento.

Entretanto, plásticos biodegradáveis podem ser uma opção em produtos que não podem ser reaproveitados por outras razões como acontece, por exemplo, no caso das fraldas descartáveis.

A substituição do plástico ou de materiais sintéticos por outros materiais naturais pode também contribuir para reduzir ou eliminar os impactos ambientais do descarte desses materiais. A pipoca tem sido usada com sucesso para substituir plásticos expandidos, que são usados no interior das embalagens para proteger produtos delicados durante o transporte. Além de biodegradável, é comestível.

Materiais comestíveis também podem ser usados como embalagens (ou pelo menos como proteção no interior da embalagem). Biopac é um material

muito parecido com o “*wafer*” usado na casquinha do sorvete que, como a pipoca, além de comestível, é também facilmente degradável. O material vem sendo utilizado na indústria farmacêutica e de alimentos.

Figura 17: Biopac



Fonte: Biopac, (2000)

5.5.2 O papel

O papel e o papelão são materiais facilmente recicláveis. Aproximadamente 1/3 do lixo urbano não orgânico em São Paulo é composto de papel (Limpurb, 1999).

Segundo o CEMPRE (2000) do papel e papelão que circularam no País em 1997, 36% retornaram à produção através da reciclagem, totalizando 1,6 milhão de toneladas. Para este cálculo, considerou-se a produção total somada à importação, subtraindo o volume exportado.

Para Sabetai Calderoni *apud* Wassermann (1999) a reciclagem de uma tonelada de papel resulta numa economia de 50% de energia elétrica e de 10 mil litros de água, além de evitar o corte de 17 árvores.

Entretanto a reciclagem não vai eliminar a necessidade do corte de árvores, pois existem vários limites para o reaproveitamento do papel usado. A

produção de papel novo a partir do usado exige a inclusão de polpa de madeira nova para manter a resistência do papel. Para ser reciclado, o papel não pode estar contaminado com produtos químicos nem molhado. As tintas e colas devem ser removidas. A aplicação de alguns tipos de cola e/ou a plastificação do papel também podem inviabilizar a reciclagem.

O processo de reciclagem do papel também provoca impactos no meio ambiente. Para a produção de papel branco, a partir do papel reciclado, são usados branqueadores o que resulta em resíduos tóxicos.

Como consequência das restrições citadas anteriormente, somado à inexistência de um sistema de coleta organizada na maioria das cidades brasileiras, a maior parte do papel usado nos escritórios e nas embalagens acaba nos aterros sanitários.

Nos aterros, o papel é compactado e misturado com outros materiais. Na ausência de ar e luz, a degradação é bastante lenta. Nos Estados Unidos foram encontrados jornais da década 50 ainda em condições de serem lidos (CEMPRE, 2000).

O processo de produção do papel também pode ter impactos ambientais consideráveis, dependendo do sistema de produção e da matriz energética utilizada. Assim, apesar da fama de ser reciclável, o papel pode ser um problema ambiental nas fases de extração de materiais, produção e descarte.

Para reduzir os impactos ambientais do papel, a estratégia que pode ser utilizada por designers é a redução do uso de papel e incentivo ao uso de papéis reciclados. Isso pode ser alcançado através de:

- Desenvolvimento de embalagens e sistemas de embalagem que garantam a proteção usando o mínimo de material;
- Evitando o uso de papel branco onde é possível usar material reciclado;
- Usar o Design Gráfico para tornar atrativo e explorar as propriedades estéticas do papel reciclado;
- Desenvolvimento de sistemas que facilitem a coleta e recuperação dos papéis, evitando que eles sejam contaminados por outros materiais.

Figura 18: Lixeira para a separação dos diferentes materiais



A figura 18 apresenta uma lixeira desenvolvida por alunos do curso de Desenho Industrial da PUCPR. Uma vez cheia, ela pode ser compactada e enviada para ser reciclada junto com o conteúdo. Foram projetadas lixeiras com identificação para cada tipo de material. Para que o produto funcione é necessário projetar também o sistema de compactação e recolhimento das lixeiras.

5.5.3 Ferro e vidro

A separação do ferro dos outros materiais é relativamente fácil, pois o material é atraído por eletroímãs. Embora sejam bastante utilizados em embalagens, o alumínio e o vidro aparecem em pequeno percentual na composição do lixo urbano. Isso se deve ao alto índice de reciclagem do alumínio que no Brasil, chega a 85%. O percentual de reciclagem do vidro é menor, em torno de 35%, entretanto, o alto índice de reutilização do vidro ajuda explicar o baixo percentual de descarte desse material (CEMPRE, 2000)

5.5.4 Recomendações para a redução de impactos ambientais no descarte

As embalagens, por serem itens de curta duração, representam a maior parte do volume de objetos descartados. Os materiais mais usados nas embalagens são papel, plástico, ferro, alumínio e vidro sendo que, os dois primeiros são os que aparecem em maior quantidade nos aterros.

A redução de impactos ambientais devidos ao descarte das embalagens depende de estratégias para a redução do uso de materiais, reutilização, desenvolvimento de materiais que possam ser reciclados várias vezes e, quando as opções anteriores forem inviáveis, a biodegradabilidade.

A redução do uso de materiais e resíduos das embalagens pode ser alcançada através do projeto de embalagens que forneçam a proteção adequada ao produto com a menor quantidade de material possível (evitar superespecificação). Em alguns casos, a embalagem é muitas vezes maior que o produto para aumentar o volume do produto e chamar a atenção dos clientes.

Em outros casos, isso é feito para dificultar o furto de pequenos objetos. O uso de dispositivos para expor o produto adequadamente pode contribuir para reduzir o volume das embalagens. Furtos podem ser evitados também com o projeto de expositores mais seguros ou através do desenvolvimento de dispositivos de segurança.

A reutilização das embalagens pode ser estimulada se forem projetados sistemas para o reenchimento delas. O uso de sistemas de refil também pode contribuir nessa direção. Em ambos os casos são necessárias mudanças de comportamento por parte dos usuários. Essas serão mais fáceis de acontecer se as soluções de projeto forem práticas, funcionais, fáceis de entender e sobretudo, se trouxerem vantagens do ponto de vista econômico.

O desenvolvimento de materiais que possam ser reciclados várias vezes depende de soluções da área da Engenharia Química e outras afins, mas também é possível explorar as propriedades dos materiais existentes.

Outras vezes, os custos da reciclagem de um material podem ser maiores que os da utilização de matéria prima virgem. Essa conta não considera os custos ambientais da disposição do material no aterro. Por essa razão, a reciclagem de alguns materiais necessita de incentivos do poder público para que se torne viável.

O Brasil dá os primeiros passos na implantação de uma política tributária diferenciada para reciclados. Pelo Decreto n.º 3.581, de 31 de agosto de 2000, o presidente da República, Fernando Henrique Cardoso, alterou a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) dos plásticos reciclados. A

medida já está em vigor e reduziu a alíquota do IPI paga pelos recicladores de plástico de 12 para 5% (CEMPRE, 2000).

5.6 Transporte

A atividade de transporte demanda infra-estrutura de grande porte e contribui para a degradação do meio ambiente. A construção de rodovias, ferrovias, portos, aeroportos e metrô provoca danos aos ecossistemas locais, pois obras desse tipo exigem alterações no solo e nos cursos de água.

O uso de combustíveis nos meios de transporte também exige a extração, transporte e refino do petróleo. A queima dos combustíveis produz elevados níveis de monóxido de carbono. O uso dos veículos também contribui para aumentar os níveis de metano e ozônio troposférico, que são poluentes (Lima, 1992).

Para a redução de impactos ambientais devidos ao transporte dos produtos, no processo de projeto, podem ser buscadas soluções tais como:

- Utilizar melhor o espaço disponível nos meios de transporte através do redimensionamento do volume e peso do produto. Assim é possível transportar mais produtos em um mesmo meio de transporte. Outras soluções para obter o mesmo efeito são: fazer o produto dobrável, encaixável ou empilhável, aproveitando melhor o espaço, ou ainda, enviar desmontado, planejando o produto de tal modo que este possa ser montado pelo usuário final ou pelo comerciante.

- Buscar soluções conjuntas entre transportador, cliente e produtor. Muitas vezes, o produto pode ser enviado sem embalagens (que aumentam o volume para o transporte) por empresas de transporte especializadas. Por exemplo: alguns fabricantes utilizam caminhões de mudanças para fazer uma parte das entregas. Cada caminhão dispõe de dispositivos para a proteção dos produtos que diminuem a necessidade de volumosas embalagens.
- O uso de sistemas avançados de gerenciamento da distribuição dos produtos também reduz a necessidade dos transportes. Muitas vezes, a entrega dos produtos pode ser feita diretamente ao usuário ou ao distribuidor final sem passar por depósitos centrais, diminuindo a necessidade de transportes. A entrega direta na linha de produção, como acontece nos sistemas de Just in Time (JIT) reduz também a necessidade de embalagens. Em contrapartida, neste caso, as entregas passam a ser mais freqüentes e com isso mais veículos são utilizados, aumentando os problemas de trânsito e de poluição.
- Utilizar na fabricação, preferencialmente, materiais que venham de locais próximos. No caso de materiais cujo transporte implica em riscos para o meio ambiente ou para a saúde humana, o melhor é tentar produzi-los localmente. Os acidentes nesses casos podem ter graves conseqüências e comprometer a imagem de uma empresa. É por este motivo que muitas empresas fazem questão de apagar o seu nome e logotipo de um veículo se este sofre um acidente com potencial para causar danos no meio ambiente.

5.7 Conclusão

Para reduzir ou evitar os impactos ambientais de produtos não basta apenas rotular o produto com a etiqueta: “ecológico”. É necessário também projetar e planejar os aspectos ambientais do ciclo de vida do produto. Ou seja, “levar em conta todos os processos que ocorrem durante o ciclo de vida do produto, do berço ao túmulo, ou melhor, do berço ao berço”. (Ecodesign, 2001).

Um método simples para analisar as interações do produto com o meio ambiente ao longo do seu ciclo de vida é o da matriz MET citada neste capítulo. A matriz MET permite uma análise rápida e simples para a identificação das fases nas quais o produto apresenta os maiores impactos ambientais.

A identificação da fase de maior impacto permite a escolha de estratégias mais adequadas para a redução dos impactos totais do produto.

Produtos que necessitam de energia na fase de utilização, em geral, causam os maiores impactos nessa fase. A energia consumida por uma cafeteira durante o seu ciclo de vida, (em torno de 300 kwh), equivale a 60 kg de petróleo. Durante a sua produção são usados pouco mais de 2kg de plástico (Ecodesign, 2001).

Uma vez identificada a fase na qual o produto causa o maior impacto é possível atuar sobre ela com o objetivo de minimizar esses impactos. As recomendações para redução de impactos ambientais em cada uma das fases da vida do produto são as seguintes:

Extração de recursos naturais:

- Escolha materiais que existam em abundância;

- Escolha materiais não tóxicos;
- Considere a possibilidade de utilizar fontes de materiais e de energia renováveis e não poluentes;
- Especifique materiais reciclados evitando, se possível, o uso de matéria-prima virgem.

Fabricação

- Projete produtos e processos de tal forma que os materiais e a energia usados na fabricação sejam integralmente aproveitados;
- Substitua materiais que apresentem emissões tóxicas no produto ou no processo;
- Evitar especificações mais exigentes que o necessário e que aumentam o volume de peças rejeitadas no processo;
- Utilize sistemas de gerenciamento de processo que contribuam para a redução no uso da energia;
- Projete pensando no reaproveitamento dos materiais, tanto dos produtos, quanto dos processos.

Utilização

- Desenvolva produtos diferenciados para atender as necessidades específicas de cada grupo de usuários.
- O funcionamento do produto deve ser fácil de entender. Preferencialmente, a forma dele deve comunicar a função. O corpo do produto também pode alojar informações para o usuário. Se isso não for possível, crie manuais ou fichas de instrução rápida. Sabendo

usar o produto corretamente, o usuário poderá extrair mais do produto e dos recursos naturais nele incorporados;

- Escolha sistemas técnicos e configurações de produtos que apresentem melhor performance ambiental. Melhorias no Design e nos aspectos ergonômicos do produto facilitam o uso e com isso, reduzem os desperdícios.

Descarte

- Projete para a reutilização do produto, dos seus componentes, ou dos materiais nele utilizados;
- Em produtos de descarte obrigatório, tais como seringas e fraldas, ou quando o reaproveitamento for inviável, estude alternativas para reduzir o impacto ambiental do retorno desses materiais ao meio ambiente;
- Especifique, sempre que possível, a utilização de materiais reciclados.

Alguns produtos apresentam impactos ambientais distribuídos em todas as fases do seu ciclo de vida. Nem sempre é possível reduzir impactos em todas essas fases. Assim, nesses casos, a escolha da fase na qual devem ser concentrados os esforços de projeto para melhorar a performance ambiental do produto deve ser baseada na probabilidade de sucesso desses esforços, evitando que, ao reduzir impactos ambientais de uma fase, estes sejam transferidos para outra.

6 PROJETO: CARTEIRAS ESCOLARES PARA O PARANÁ

Em 1998, o estado do Paraná através da FUNDEPAR (Fundação Educacional do Paraná) iniciou um projeto de desenvolvimento de novas carteiras escolares (mesa e cadeira) para substituir, gradativamente, as carteiras atuais que atendem os aproximadamente 1.300.000 estudantes do Ensino Fundamental e Médio no Estado do Paraná.

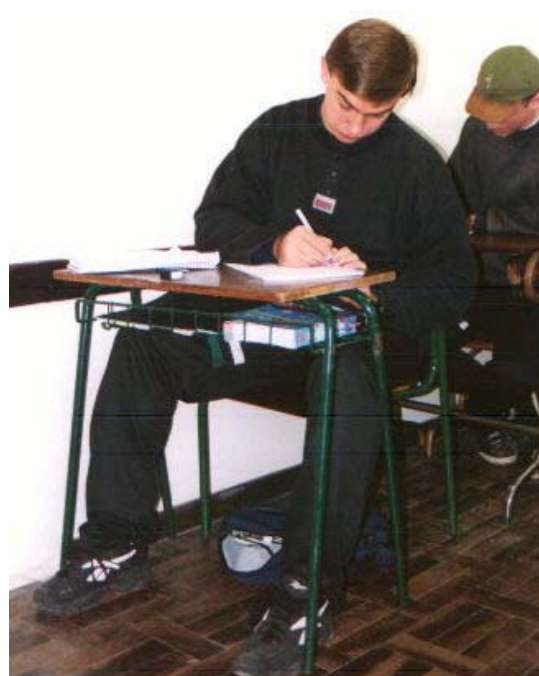
Os objetivos da substituição seriam atender as necessidades geradas pelas mudanças nos paradigmas didático-pedagógicos atuais, bem como, aos requisitos de adequação ergonômica, de resistência e da viabilidade econômica (veja: Pougy, 1998).

Consciente do impacto ambiental da produção, transporte, uso e descarte de carteiras em quantidade suficiente para atender às necessidades do Estado,

a FUNDEPAR estipulou como um dos requisitos do projeto, a minimização de impactos ambientais do produto.

Para a elaboração dos requisitos ergonômicos e ambientais foi feita uma pesquisa em escolas do estado e com empresas e fornecedores. Esse trabalho envolveu o TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná e o Curso de Desenho Industrial da PUCPR.

Figura 19 e 20: Problemas de adequação ergonômica das carteiras atuais



Fonte: Pougy, (1998)

A seguir, serão apresentados alguns dos aspectos ambientais do produto e as estratégias propostas para a redução de impactos ambientais da carteira.

6.1 A carteira e seus impactos ambientais

As carteiras escolares distribuídas pela FUNDEPAR são compostas por uma estrutura tubular em aço carbono pintado, com tampo da mesa e assento/encosto da cadeira em madeira compensada fixada através de rebites

de alumínio no caso da cadeira, e parafusos auto-atarraxantes no caso do tampo.

Figura 21: Carteira utilizada nas escolas do Estado do Paraná em 1998



Fonte: Pougy, (1998)

De forma simplificada, podemos dividir as fases da vida deste produto em: Extração e produção de matérias primas, fabricação, distribuição, uso e descarte. Em cada uma dessas fases podem ocorrer emissões de materiais sólidos, líquidos ou gasosos. O transporte também ocorre entre cada uma das fases do ciclo de vida do produto.

O uso de matrizes facilita a visualização e organização dos impactos ambientais do produto em cada uma das fases da sua vida. A matriz apresentada a seguir relaciona os principais impactos ambientais da carteira. Os itens assinalados são os que apresentam as maiores oportunidades de redução de impactos ambientais, ainda na fase de planejamento ou de projeto do produto.

Figura 22: Matriz aplicada aos aspectos ambientais da Carteira Escolar

	Materiais	Energia	Emissões
Extração e produção de materiais	- Extração irregular da madeira; - Colas utilizadas na produção do compensado;		
Fabricação	⊕ Resíduos de madeira	⊕ Energia usada no processo de fabricação	⊕ Pintura líquida – emissões para o ar; ⊕ Decapagem e fosfatização da estrutura metálica;
Distribuição		⊕ Queima de combustível -transporte fábrica – depósito – escola;	⊕ Transporte fábrica – depósito – escola Emissões para o meio
Utilização	⊕ Vandalismo reduz vida útil		⊕ Carteiras destruídas – tampos são descartados
Descarte	- Madeira compensada não têm reaproveitamento,		

Obs: ⊕ itens que apresentam maiores oportunidades de intervenção

Fonte: adaptado – MET Matriz (Material cycle, Energy use, and Toxic emissions) – (UNEP, 1997)

Analisando o ciclo de vida desse tipo de produto, verificamos que os seus maiores impactos ambientais ocorrem na extração e produção de matérias primas. P. ex.: A extração do minério de ferro, a produção do lingote, o corte da madeira, a extração e processamento do petróleo para a produção de tintas, colas e seladores utilizados na fase de fabricação do produto. Outros impactos ambientais significativos podem ser associados ao descarte do produto. P.ex.: o descarte das peças de madeira compensada danificadas.

Na fase de uso, o produto não apresenta impacto ambiental, porém, é importante lembrar que o mau uso do produto abrevia a vida útil dele e contribui para aumentar a demanda sobre as matérias-primas e também aumenta o descarte. Assim, a durabilidade do produto é um fator importante para a qualidade ecológica deste produto. Atualmente, os tampos têm de ser repostos com frequência devido ao vandalismo e a fragilidade deles.

O transporte contribui no "saldo" de impactos ambientais do produto através da queima de combustíveis e consumo de derivados de petróleo. O sistema de distribuição adotado aumenta a necessidade de transporte, pois a fábrica (que pode ficar na região metropolitana de Curitiba, no interior do estado, ou em outros estados dependendo do fornecedor selecionado) entrega os produtos nos depósitos da FUNDEPAR (que fica em Curitiba) e de lá, as carteiras são distribuídas e entregues nas escolas em todo estado do Paraná. Isso também aumenta o número de carteiras danificadas durante a distribuição, pois na estocagem do material este se deteriora devido à ação do tempo ou aos acidentes na movimentação.

6.2 Estratégias para a redução de impactos ambientais da carteira

6.2.1 Aumentar a durabilidade do conjunto

A durabilidade do conjunto atual é pequena devido à fragilidade dos materiais empregados no tampo da mesa. Uma carteira pode durar de poucos dias até 10 anos em função do cuidado e da disciplina existente na escola. Com as agressões (ex: uso de compasso, estilete etc.) o tampo pode soltar

lascas e ficar impróprio para o uso. As soldas dos aramados das carteiras também cedem aos esforços repetidos e estes passam a apresentar pontas que podem provocar ferimentos nos estudantes. Os parafusos auto-atarrachantes do tampo também podem ceder, dependendo dos esforços a que forem submetidos.

Figura 23: Compensado não resiste às agressões

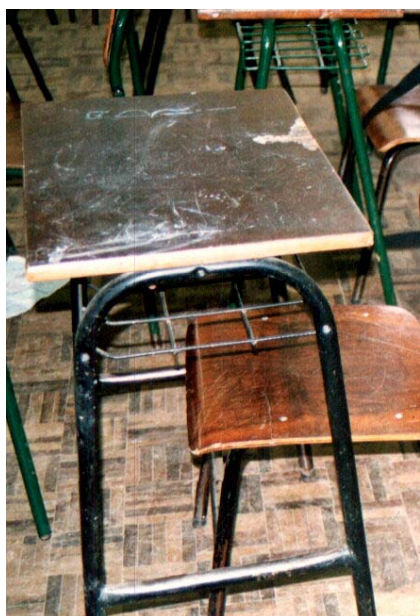


Figura 24: Tampo em laminado plástico com 20 anos de uso



Soluções que proporcionam maior resistência ao tampo foram testadas no TECPAR. Porém, analisando as carteiras em uso nas escolas, verificou-se que o maior desempenho foi alcançado por cadeiras com tampo de laminado plástico envolvido por uma moldura tubular. Essas carteiras estão sendo utilizadas há mais de 20 anos e ainda apresentam bom estado de conservação. Assim, o material especificado para o revestimento do tampo foi o laminado plástico.

Figura 25:

Projeto da nova carteira escolar



Fonte: Pougy, (1998)

Figura 26:

Protótipo da carteira proposta



6.2.2 Reduzir volume para o transporte

Reduções significativas no transporte necessário para a distribuição do produto podem ser obtidas com um sistema de entrega direta do fabricante para a escola, eliminando a necessidade de estocagem (solução em nível administrativo). Outra oportunidade está no desenvolvimento de conjuntos empilháveis ou desmontáveis para a redução do volume deles durante o transporte (solução em nível projetual).

Fazer o produto desmontável permite uma redução significativa do volume a ser transportado, porém conflita com um dos requisitos do projeto, ou seja, a

desmontagem deve ser difícil para que os estudantes não se sintam tentados a desmontar a carteira.

Fazer a carteira empilhável também reduz o volume a ser transportado, mas exige pés salientes em relação ao tampo. Isso também conflita com outro requisito, ou seja, a possibilidade de encostar o tampo de uma mesa ao lado de outro tampo para permitir trabalhos em equipe.

Assim, neste projeto, se optou por uma solução mista no caso da mesa. O tampo e a estrutura seguem para a escola separados sendo que eles podem ser empilhados. Na escola, os tampos são montados na estrutura com parafusos de rosca mecânica e com porcas especiais que são embutidas no tampo, na própria fábrica. A cabeça dos parafusos pode ainda ter uma forma especial que dificulte a desmontagem com ferramentas improvisadas (p. ex: evitar parafusos "tipo fenda" que podem ser desmontados facilmente com uma pequena faca ou até mesmo com uma moeda).

6.2.3 Selecionar materiais de menor impacto ambiental

No caso das peças em madeira compensada, os maiores impactos ambientais vêm da extração dos materiais com o corte das árvores. Se feito em área de reflorestamento, o corte das árvores pode até ter interação positiva com meio ambiente, pois as árvores replantadas produzem mais O_2 na fase de crescimento. Se o corte é feito em áreas de floresta nativa, pode provocar a extinção de espécies e perdas na biodiversidade.

Para garantir a procedência da madeira, ela deve vir de fornecedores certificados. Os processos de fabricação da carteira devem sofrer auditorias

periódicas para a verificação de adequação do fabricante às exigências ambientais.

6.2.4 Minimizar emissões na fase de fabricação

Na fabricação, os impactos ambientais mais significativos, vêm da pintura das estruturas de aço da carteira. Na retirada da graxa e na aplicação de proteção contra a ferrugem são utilizados produtos químicos que podem contaminar o solo e cursos d'água. Assim, se forem utilizados líquidos para decapagem e fosfatização das peças deve-se prever a recuperação ou tratamento adequado para eles.

O processo utilizado na pintura também deve ser analisado. A melhor prática é aquela que evita resíduos e a dispersão da tinta ou de vapores dela no ar. Os solventes tóxicos devem ser substituídos. No mercado, já existem tintas a base de água que são utilizadas com sucesso na indústria automobilística.

6.2.5 Incentivar a conservação da carteira

Um dos fatores que estimulam o usuário a conservar bens públicos em boas condições de uso é a qualidade do serviço ou do produto oferecido. Uma carteira que atenda bem às necessidades e características ergonômicas dos alunos despertará mais interesse na sua conservação.

Sentir-se co-proprietário do produto também ajuda na conservação, afinal as pessoas não costumam depredar as suas casas. As escolas nas quais as carteiras são mais bem conservadas, cada aluno tem a sua carteira. Para

tanto, as carteiras devem ser numeradas ou ainda contar com um sistema de identificação dos usuários.

Em pesquisa junto às escolas, constatou-se que a depredação ocorre com mais frequência em carteiras que já tenham sofrido algum tipo de dano. Assim, a carteira deve ser projetada para desestimular esse primeiro dano. Isso pode ser alcançado através do uso de materiais de elevada resistência a riscos, tombamento e choques.

Outras formas de educar para a conservação da carteira podem ser desenvolvidas através de campanhas educativas, como aquela que vem sendo veiculada pelo governo federal para a conservação do livro didático. A carteira pode ter ainda etiquetas com frases ou desenhos educativos, incentivando a conservação.

6.3 Conclusão

Os aspectos ambientais da carteira escolar que foram considerados mais importantes neste projeto foram:

- A seleção de materiais e fornecedores para reduzir impactos ambientais da extração desses materiais;
- A redução de impactos ambientais da fabricação através da escolha de processos de tratamentos superficiais mais amigos do meio ambiente;
- A readequação do sistema de distribuição das carteiras evitando estocagem intermediária e duplicidade no transporte;

- A redução do volume do produto no transporte através da empilhabilidade, o que aumenta o número de carteiras transportadas por caminhão;
- O aumento da durabilidade do conjunto, usando materiais mais resistentes, com o objetivo de reduzir a necessidade de reposições do produto, ou de suas partes, para alcançar a redução no uso de materiais e recursos naturais.

Neste projeto ficou demonstrado que, mesmo produtos de pequeno impacto ambiental, podem ter a sua performance ambiental melhorada se suas relações com o meio ambiente forem consideradas durante o processo de projeto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Exaustão de recursos naturais, buraco na camada de ozônio, ozônio na troposfera, efeito estufa e mudanças climáticas, poluição das águas, chuva ácida, emissões tóxicas e lixo são problemas ambientais que aparecem diariamente nos meios de comunicação. A maioria desses problemas tem potencial para afetar o equilíbrio ecológico e a vida no planeta.

Possibilitar o atendimento das necessidades dos atuais seis bilhões de habitantes do planeta sem comprometer o atendimento das necessidades das futuras gerações é o desafio para aqueles que buscam o desenvolvimento sustentável. Superar esse desafio depende da capacidade de responder à seguinte questão: “Como atender melhor as necessidades humanas e ao mesmo tempo reduzir a pressão sobre os ecossistemas?”.

A busca de respostas para a questão anterior passa pelo desenvolvimento de produtos e de processos de produção, mais eficientes quanto ao consumo dos recursos naturais e que sejam menos poluentes.

O desenvolvimento de novas tecnologias, menos poluentes e menos intensivas no uso de recursos naturais, pode contribuir para reduzir os problemas ambientais atuais. Por outro lado, as tendências no crescimento populacional e na renda *per capita* permitem supor que a demanda sobre produtos e serviços deve aumentar nos próximos anos, o que poderia anular os ganhos ambientais advindos do desenvolvimento de tecnologias limpas.

As soluções para melhorar a relação entre o homem, os objetos e o meio ambiente dependem de esforços em várias frentes. Designers podem contribuir na busca dessas soluções.

As estratégias mais conhecidas para redução de impactos ambientais de produtos podem ser divididas em dois grupos: Estratégias de redução do uso dos recursos naturais no produto ao longo do ciclo de vida do produto ou estratégias de prolongamento da vida útil do produto, dos seus componentes, ou dos materiais nele incorporados.

As estratégias de redução visam diminuir o uso de materiais e da energia nos produtos, bem como, diminuir as emissões prejudiciais ao meio ambiente causadas durante a existência do produto.

As estratégias de prolongamento da vida útil do produto (ou dos materiais nele incorporados) visam por ordem de preferência: aumentar a durabilidade; favorecer a reutilização do produto na mesma função ou em outras funções; planejar o reaproveitamento dos componentes; planejar a reciclagem dos materiais. As primeiras estratégias são preferíveis sobre as últimas, pois sua realização exige menos materiais e energia e gera menos emissões para o meio.

A decisão sobre qual estratégia adotar depende do tipo de produto. Reduzir a quantidade de materiais em um produto pode deixá-lo mais frágil. Isso tem interação negativa com o prolongamento da sua vida útil ou aumento da sua durabilidade. Assim, na decisão da(s) estratégia(s) que pode(m) ser adotadas para melhorar a performance ambiental de um produto é importante considerar as suas interações ambientais ao longo do seu ciclo de vida. Móveis podem ser utilizados por muito tempo se forem projetados para durar. Embalagens são itens de curta vida útil e a durabilidade pode ser um obstáculo para que sejam assimiladas pelo meio.

Em geral, produtos que necessitam de energia ou de materiais na fase de utilização causam a maior parte dos impactos ambientais nessa fase.

Uma análise simplificada do ciclo de vida do produto pode ser feita com o uso de uma matriz qualitativa como a mostrada no capítulo V. Nessa matriz são relacionadas as fases da vida do produto com os impactos associados ao uso de materiais, energia, bem como as emissões para o meio. Matrizes quantitativas fornecem resultados mais precisos. A dificuldade, neste caso, é quantificar e comparar os impactos ambientais dos diferentes materiais. Outra limitação desse tipo de análise é o fato de que aspectos ambientais importantes, mas difíceis de medir, são freqüentemente desconsiderados. Entretanto, os métodos para quantificar e comparar impactos ambientais dos diferentes materiais e processos têm evoluído nos últimos anos.

Identificar a fase do ciclo de vida na qual o produto causa os maiores impactos permite atuar sobre esses impactos, ainda durante o projeto, aumenta as possibilidades de sucesso na busca de soluções para melhorar a

performance ambiental do produto. A escolha de estratégias de projeto mais adequadas para reduzir os impactos ambientais do produto em cada uma das fases da sua vida também é facilitada.

Um produto é concebido para atender a uma necessidade. Essa necessidade é satisfeita quando ele é utilizado. Assim, todas as fases do seu ciclo de vida, bem como os impactos ambientais em cada uma delas existem e acontecem em função da fase de utilização. Isso evidencia a importância dessa fase na performance ambiental do produto, bem como, o relacionamento do usuário com o ele.

Pesquisar quais são as reais necessidades do usuário e desenvolver produtos que atendam essas necessidades com o menor impacto ambiental deve ser um dos objetivos de qualquer projeto. Entretanto, essas necessidades devem ser interpretadas de forma abrangente. Produtos que atendem apenas as necessidades funcionais podem resultar em fracassos comerciais. As qualidades estéticas do produto também devem ser consideradas, pois elas também são componentes da qualidade de vida.

Projetar levando em conta a ética e o meio ambiente implica questionar a utilidade dos produtos e as necessidades que eles atendem. É verdade também que as empresas não produzem apenas para satisfazer as necessidades do usuário. As empresas dependem das vendas para sobreviver no sistema econômico atual. Isso tem levado à criação de produtos de pouca utilidade que são divulgados através de campanhas publicitárias que visam induzir à venda ou criar necessidades. Algumas dessas campanhas apelam,

até mesmo, para as supostas características ecológicas desses produtos, tais como: reciclável, biodegradável e etc.

O aumento da responsabilidade dos fabricantes sobre o ciclo de vida do produto, como tem acontecido em alguns países, pode mudar paradigmas de produção e de consumo que hoje garantem a sobrevivência das empresas.

Mudanças de paradigmas fornecem um ambiente ideal para o florescimento da criatividade e esta é uma área em que os profissionais da área de projetos estão acostumados a transitar. Neste trabalho procurou-se apresentar algumas das possibilidades que eles têm de contribuir para a redução dos impactos ambientais das atividades humanas quando criam ou desenvolvem os produtos necessários para a garantir a qualidade de vida para as pessoas.

Pretende-se que as estratégias e os procedimentos para melhorar a performance ambiental de produtos apresentados neste trabalho venham a auxiliar designers e profissionais de áreas afins na busca do desenvolvimento sustentável, estimular o desenvolvimento de novos trabalhos e suprir lacunas nas publicações sobre o tema, principalmente na língua portuguesa.

Para futuros trabalhos sugere-se uma classificação mais aprofundada de tipos de produtos segundo a fase do seu ciclo de vida na qual ocorrem os maiores impactos ambientais, o que poderia facilitar ainda mais a escolha de estratégias e a atuação de equipes de projeto no sentido da redução de impactos.

Muitos cursos da área do Design vêm incorporando disciplinas que relacionam produto e meio ambiente nos seus programas. Espera-se que as informações apresentadas neste trabalho venham a contribuir para que

Designers e estudantes da área tenham conhecimento do impacto que a sua atividade profissional pode ter sobre o meio ambiente. Espera-se também que conhecendo as suas responsabilidades quanto a esses impactos, passem a conciliar qualidade de vida com responsabilidade ambiental nos seus projetos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão ambiental – Especificação e Diretrizes para o uso: NBR ISO 14001.** Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO de Ensino/Pesquisa de Nível Superior em Design do Brasil (AEnD-BR) [online] 2001 [citado em 5 maio 2001] Disponível: <http://www.univercidade.br/aend/>

ABIQUIM. **O plástico.** [online] 2000. [citado em 06 out 2000] Disponível: <http://www.abiquim.org.br/plativida/opla1.html>

ABRE – Associação Brasileira de Embalagens. **Setor hortifrútícula reclama das embalagens.** [online] 2000. [citado em 29 jul. 2000] Disponível: <http://www.abre.org.br/jornal/news13/mundo.htm>

ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Tecnologia aumenta a quantidade de lixo perigoso.** [online] 2000 [citado em 11 janeiro 2000] Disponível : <http://www.abrelpe.com.br/noticias/arquivo>

BAKER, Mark B.; MCKIEL, Mary. **ISO 14000 : Questions & Answers**. 4. ed. Fairfax : CEEM Information Services, 1998.

BAYGEN. **Freeplay**. [online] 1997 [citado em 12 janeiro 2001] Disponível: <http://www.rnw.nl>

BILLATOS, Samir B., BASALY, Nadia A. **Green technology and design for the environment**. Washington: Taylor & Francis, 1997.

BIOPAC. **Biopac**. [online] 2000. [citado em 10 outubro 2000] Disponível: <http://www.wk.or.at/aw/atc/taipei/English/Biopac.htm>

BOUWMANN, A. F. **On Sources and Atmospheric Concentration on Nitrous Oxide**. The Earth Observer. [online]. 1996. [citado em 04 jan. 2000] Disponível : http://eosps0.gsfc.nasa.gov/eos_observ/11_12_96/p28.html

BURAL, Paul. Green-ness is good for you. **Design**, London, Design Council, p. 22-24, April, 1994.

BURAL, Paul. **Product Development and the Environment**. London: Design Council, 1996.

BURAL, Paul. The Greening of Europe: Finding a Role for Design. **Design Management Journal**, Boston, Design Management Institute, p. 22-26. 1991

CAMOUS, Roger Champagne. **Ecodesign**. Mesa Redonda na "Université du Québec a Montréal", 20/03/1997.

CARSON, Patrick. **Green is gold: business talking to business about environmental revolution**. Toronto: HarperBusiness, 1991.

CASTRO, Cláudio de Moura. Como foi que deu certo? **Revista Veja**, 16 junho 1999. p. 21.

CEMPRE – Compromisso Empresarial pela Reciclagem. [online] 2000
Fichas técnicas. [citado em 25 jul. 2000] Disponível :
<http://www.cempre.org.br/index2.htm>,

CHEHEBE, José Ribamar B. **Análise do ciclo de vida dos produtos – ferramenta gerencial da ISO 14000.** Rio de Janeiro: Qualitymark Ed. 1998.
 104 p.

CONSELHO Nacional do Meio Ambiente. Resolução no. 257 de 30 de junho de 1999. Disciplina o descarte e gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas. [online] 16 jun. 1999 [citado em 06 de jun. de 2001]
 Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>

ECODESIGN tools. [online] 2001 [citado em 15 de março de 2001]
 Disponível: <http://www.pre.nl/ecodesign/default.html>

EPA – U.S. Environmental Protection Agency, [online] 1994. **Automobile Emissions: An Overview.** [citado em 04 jan. 2000] Disponível :
http://www.epa.gov/req5oair/auto_emiss.htm

EPA – U.S. Environmental Protection Agency, [online]. **Design for the Environment: Product Life Cycle Design Guidance Manual.** Maryland : Government Institutes Inc., 1994b.

FIKSEL, Joseph. **Design for environment: creating eco-efficient products and process.** USA: McGraw-Hill. 1996.

FIORUZZI, Massimo. **Dematerialization and service economy: how good is it?** [online] 1996 [citado em 16 abril 1997] Disponível :
http://www.cyen.com/green_value/paper1.htm , june 1996.

FONTOURA, Ivens. **Entrevista concedida pelo Presidente da Associação Latino Americana de Desenho Industrial – ALADI**. Curitiba, 05 de abril de 2001.

FRANZINI, Renato. Explosão Demográfica. **Folha de São Paulo**, 20 Maio 1999. p. 1-16.

FROSCH, A. R.; GALLOPOULOS, N. E. Strategies for Manufacturing, **Scientific American**. Sept. 1989. p. 94-102

GERTLER, N., EHRENFELD, J. A Dow-to-Earth Approach to Clean Production, **Technology Review**. Feb./Mar 1996. p. 48-54

GOEDKOOP, Mark, EFFTING, Suzanne, COLLIGNON, Marcel. **The Eco-indicator 99** – A damage oriented method for life cycle impact assessment, Amersfoort (Holanda): Product Ecology Consultants, 2000.

GRAEDEL, T.E., ALLENBY B. R. **Industrial Ecology**, New Jersey: Prentice Hall, 1995. 412 p.

GRAEDEL, T.E., ALLENBY B. R. **Design for environment**, New Jersey: Prentice Hall, 1996. 175 p.

GRAEDEL, T.E., ALLENBY B. R. **Industrial Ecology and the automobile**, New Jersey: Prentice Hall, 1998. 243 p.

HERSHKOWITZ, Allen. Natural capitalism: Creating the next industrial revolution / Mid-Course Correction: Toward a sustainable enterprise, **The Amicus Journal**, New York, Fall 1999. p. 40-43.

HESPANHOL, Ivanildo. Desenvolvimento Sustentado e Saúde Ambiental, **Revista Politécnica**, USP, janeiro-junho 1992. p. 66

IBAMA - Laboratório de Produtos Florestais, **Prêmio Nacional Madeiras da Amazônia, Móveis e Design**, 1999.

IBGE Censo 2000. **tabela 1**. [online] 2000 [citado em 05 jan. 2001]
Disponível: <http://www.sidra.ibge.gov.br/sidra/censo2000/tabela1.htm>.

IBOPE **Consumidor se dispõe a pagar mais por produto anti-poluente**.
[online] 1998. [citado em 06 out. 2000] Disponível :
http://www.ibope.com.br/publica/produtos/0598_politica.htm.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia. **Etiqueta Nacional de Conservação de Energia**. [online] 2001 [citado em 21 abr. 2001]
<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/prodEtiquetados.asp#etiqueta>

ISO – International Organization for Standardization. **The ISO 14000 Family**. [on line] [citado em 25 abr. 2001] <http://www.iso.org>

KALDJIAN, Paul. Ecological design: source reduction, recycling and the LCA. **Innovation**. Great Falls, IDSA, p. 11-13, 1992.

KINLAW, Denis, C. **Empresa competitiva e ecológica** : desempenho sustentável na era ambiental. Trad. Lenke Peres Alves de Araújo. (Do original Competitive & Green). São Paulo: Makron Books, 1997.

LEITE, Marcelo 6 bilhões de pessoas. Será demais? **Folha de São Paulo**, 02 julho 1999. Caderno Especial.

LEON, Ethel, A utopia ecológica do projeto. **Design e interiores**, São Paulo, n. 21, p. 110-113, nov. 1990.

LIBAERT, Thierry. **La communication verte: l'ecologie au service de l'enterprise**. Paris: Editions Liaisons, 1992. 218 p.

LIEBMANN, Hans. **Terra: um planeta habitável? Da antiguidade aos dias de hoje a trajetória poluidora da humanidade**. Trad. De Flávio Meurer. (Do original: Ein Planet wird unbewohnbar. Munique: R. Piper & Co. Verlag 1973). Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1979.

LIMA, Maurício. Um bebê = 25 toneladas de lixo, **Revista Veja**, 17 março 1999. p. 60.

LIMA, Orlando Fontes. Impacto dos transportes. **Revista Politécnica**, USP, janeiro-junho 1992. p. 64

LIMPURB. **Composição do lixo domiciliar de São Paulo**. [online] 1999 [citado em 13 jun. 2000] Disponível :
http://www.prodham.sp.gov.br/limpurb/probsol/dom_compos.htm

MACKENZIE, Dorothy. **Green design**: Design for the environment. Hong Kong: Laurence King Publishing, 1997 2ed. 176 p.

MALAGUTTI, Cyntia. Ecologia com Design: Uma parceria que agrega valor a produtos e à vida. **Arc Design**. nº 1, p. 68-70, 1997

MANSUR, Alexandre. Mais carros e menos poluição: A frota aumenta, mas a qualidade do ar nas grandes cidades está cada vez melhor, **Revista Veja**, 21 julho 1999.

MANZINI, Ézio. A utopia ecológica do projeto. **Design e interiores**, São Paulo, n. 22, p. 90-95, jan. 1991

MANZINI, Ézio. Designing Sustainability - leappfrog: anticipations of a possible future, **Domus** 789 (Italia) January 1997b

MANZINI, Ézio. **Designing Sustainability**. Conferência na "Université du Québec a Montréal", 18/03/1997

MOTTA, N. 1999 Democracia Digital. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 26 de dezembro de 1999. p.37

PARA abrir uma embalagem. **Design e Interiores**, São Paulo, nº 46, p. 40-42, Junho de 1995.

PHILIPS Corporate Design and the high design process. **Recherches & Design**. Paris, Recherches & Design, 1-6, sep., 1993

POUGY, Geraldo. **Modelo Padrão de Carteiras Escolares**. Curitiba: Centro de Design do Paraná e FUNDEPAR/TECPAR, 1998.

PROVOST, Michel **Le développement durable: concept, réactions et positions de l'entreprise**. Palestra na "École de design industriel - Université de Montreal", fev. 1998.

RAMOS, J. **A biônica aplicada ao projeto de produtos**. Florianópolis: dissertação de mestrado, UFSC, 1993.

RATHJE, L. W. Once and Future Landfills. **National Geographic**, p. 117-134, May1991.

SIMON, Matthew; SWEATMAN, Andrew. **Products of a sustainable future**. [online] 1997. [citado em 04 jan. 2000] Disponível : <http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/deeds/publicat/paper11.html>

SWEATMAN, Andrew, SIMON, Matthew, Blomberg, Sven. **Life cycle assessment of an Electrolux vacuum cleaner : an evaluation of LCA tools**. [online] 1996. [citado em 04 jan. 2000] Disponível : <http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/deeds/publicat/paper10.html>

TRAUMANN, Thomas O valor do verde. **Revista Veja**, 04 junho 1997 p. 80-82.

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. **Product Design Development**. USA: McGraw-Hill, Inc., 1995.

UNEP. **Ecodesign**: a promising approach to sustainable production and consumption. Paris: United Nations Environment Programme Industry and Environment, 1997.

UNITED Nations. **Earth Summit, page 2**. [online] 1997 [17 dez. 2000] Disponível: <http://www.un.org/geninfo/bp/envirp2.html>

VEIGA, Luiz Alberto. Biocar um ensaio ecológico. **Design e interiores**, São Paulo, n. 22, p. 94-95, jan. 1991.

VENTERE, Jean-Paul. **La qualité écologique des produits: Des écobilans aux écolabels**. Paris: Sang de la terre-Afnor, 1995.

VIGNERON, Jacques; BURSTEIN, Claude. **Ecoproduit: concepts et methodologies**. Paris: Economica, 1993.

WALD, Matthew L. E.P.A. Says Catalytic Converter Is Growing Cause of Global Warming. **The New York Times**, Friday, May 29, 1998.

WALKER, Stuart, The environment product aesthetics and surface, **Design Issues**, MIT, v.11 n. 3, Autumm, 1995.

WANN, David, **Deep design: pathways to a livable future**. Washington: Island Press, 1996.

WASSERMANN, Rogério, País perde R\$ 4,6 bilhões por ano sem reciclar lixo. **O Estado de S. Paulo**, 4 de janeiro de 1999.

WHITELEY, Nigel. **Design for Society**. London: Reaktion Books Ltd. 1993

WORLD Commission on Environment and Development. **Our common future**. New York: Oxford University Press, 1987. 383 p.

9 BIBLIOGRAFIA

CALDWELL, Lynton Keith. **Between Two Worlds, Science, The Environmental Movement, and Policy Choice**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 224p.

CAPAZOLI, U. Efeito Estufa já altera o clima da terra. **O Estado de S. Paulo**, 16 de abril de 1995. Especial.

CAMOUS, Roger Champagne. **Lier design et environnement: défi pour le management**. Montréal, Université de Montréal, 1992.

CMDE. **Notre Avenir à Tous**, Montréal: Éditions du Fleuve, 1988. 432p.

DURNING, Alan. **How Much is Enough? The Consumer Society and the Future of the Earth**. Word Watch - Norton & Co, 1992.

HAWKEN, Paul. **Capitalismo Natural**. Editora Cultrix, 1999.

HENRY, J. G. and HEINKE. **Environmental science and Engineering**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1989.

KEOLEIAN, George. **Product LCA to reduce health risks and Environmental Impact**. New Jersey: Noyes Publications, 1994 AME

LAVE, L.B. **Recycling decisions and green design**. Environmental Science and Technology. V. 28, p. 19a-24a, 1994.

MACNEILL, J. Strategies for sustainable economic development. **Scientific American**, New York, v. 261, n. 3, p. 104-113, Sept 1989.

MANZINI, Ezio. **Artefacts: vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel**. Paris: Editions du Centre Pompidou, 1991. 254p.

MILLET, Dominique, CAMOUS, Roger, **Les Démarches de Conception pour l'environnement**. Paris: Edition....., 1997.

PAPANEK, Victor. **The green imperative: ecology and ethics in design and architecture**. Singapore: C.S. Graphics, 1995. AME 256p.

PETROBRÁS, **A indústria do petróleo – pesquisa e aproveitamento**. [online] 1999. [acessado em 09 jan. 2001] Disponível : <http://www.petrobras.com.br/portugue/acompanh/arara/feira5.htm>

SCIBERRAS, Gildes. **La prise en compte de l'environnement dans les investissements industriels**. Thèse de doctorat, Spécialité Management de projets et génie Industriel, Centre PPN/École de Mines de Paris, juin 1993, 267p.

SIBIEUDE, Christophe. SIBIEUDE Thierry. **Les rouages économiques de l'environnement**. Paris: Les Éditions de l'Atelier, 1993. 346p.

SOCOLOW, R., ANDREWS, C., BERKOUT, F., & THOMAS, V. **Industrial Ecology and Global Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1994

SOLOMON, Michael R. **Consumer behavior: buying, having, and being**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

TESTER, J. W., WOOD, D.O. & FERRARI, N.A. **Energy and the environment in the 21st century**. Cambridge, MA: The MIT Press, 1991.

The Earth Works Group, **50 Simple Things Your Business Can Do to Save the Earth**, Berkeley: Earth Works Press, 1991. 120p.

THE HUMANE VILLAGE JOURNAL v. 1, n. 1. Toronto: The Humane Village Centre and ICSID, 1994.

THE HUMANE VILLAGE JOURNAL, v. 2, Toronto: The Humane Village Centre and ICSID, 1995

VAN DER RYN, Sim & COWAN, Stuart. **Ecological Design**. Washington DC: Island Press 1996. 210 p.

VENCIGUERRA, M. A reciclagem na ordem do dia, **Alimentos & Tecnologia**, ano IX, n. 48, 1994, p. 76 - 77

WORLDWATCH. **Estado do mundo: Relatório anual do Worldwatch Institute**, 2000. 288 p.